

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารละลาย”

!

ปริญญานิพนธ์

ของ

โชคชัย สกลวิรัตน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2544

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5/10/2544

๕๐๕๐

๕๐๕๐

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "สารละลาย"

บทคัดย่อ

ของ

โชคชัย สกลวิรัตน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2544

๕๐๕๐

โชคชัย สกลวิรัตน์. (2544). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "สารละลาย". ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.สมปราวณา วงศ์บุญหนัก, อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข.

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี จำนวน 34 คน โดยการสุ่มแบบจัดกลุ่ม แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังการทดลอง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือ การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน (t – test Dependent)

ผลการศึกษาพบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.18 / 80.20 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังได้รับการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่อง สารละลาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ความคิดเห็นของนักเรียนหลังจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่อง สารละลาย อยู่ในระดับมาก

DEVELOPMENT OF SIMULATION-BASED COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION FOR SCIENCE
LESSONS ON "SOLUTIONS"

AN ABSTRACT
BY
CHOKCHAI SAKOLWIRAT

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
November 2001

Chokchai Sakolwirat. (2001). *Development of simulation-based Computer Assisted Instruction for science lessons on "solutions"*. Master Thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School. Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Sompratana Wongboonnuk, Dr.Sirikarn Phasuk

The purposes of this research were to develop and investigate the efficiency of the simulation-base computer assisted instruction for Science lessons on "Solutions", as to satisfy the standardized criterion of 80/80, to study the science achievement before and after learning through the CAI lessons constructed , and to study students' opinions on the CAI lessons.

The samples, randomly selected by the Cluster Sampling technique, comprised 34 Mathayom suksa 1 students in the fist semester of the 2001 academic year form the Princess Chulaphorn College at Lopburi. The One Group Pretest – Posttest Design was utilized. The lessons composed of three units, namely; Solutions, Solution Separation, and Acid and Base. The science achievement measures covered four sub-domains; Memory, Comprehension, Science process Skill, and Application. Data analysis was achieved by the t – test for dependent sample technique.

The findings were as follows :

1. The efficiency of the lessons was 81.18 / 80.20, which was higher than the criterion.
2. The science achievement of the experimental group after being taught utilizing the CAI lessons was statistically higher than before taught at the .01 level of significance.
3. The students' opinions towards the CAI lessons were at the moderate level.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารละลาย”

ของ
นายโชคชัย สกลวิรัตน์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2544

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ศรีไพโรจน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดียิ่งจาก ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.ศิริกานต์ ผาสุข กรรมการที่ปรึกษา ซึ่งให้คำแนะนำแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจแก้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ อาจารย์ปราณี สุดสวัสดิ์ และอาจารย์ไพฑูรย์ จารุสาร ที่นอกจากจะให้คำแนะนำแล้ว ยังกรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินการเก็บข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยลพบุรี จังหวัดลพบุรีทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยด้วยความเต็มใจ

ขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัว “สกลวิรัตน์” ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตระดับปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา รุ่นที่ 14 ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

โชคชัย สกลวิรัตน์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
	สมมติฐานในการวิจัย.....	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
	คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์.....	7
	ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	7
	ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	8
	การจำลองสถานการณ์.....	10
	การสร้างและการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	14
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	16
	ความรู้ในเรื่องสารละลาย	22
	สารละลาย.....	23
	การแยกสารละลาย.....	27
	กรดและเบส.....	31
	คอลลอยด์	35
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	36
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	40
	การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	40
	การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	41
	การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	45
	การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	46
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	47
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	50
	การศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	50
	การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่อง สารละลาย	52

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	55
ความมุ่งหมายของการวิจัย	55
สมมติฐานของการวิจัย	55
วิธีดำเนินการวิจัย	55
การวิเคราะห์ข้อมูล	56
สรุปผลการวิจัย	56
อภิปรายผล	57
ข้อเสนอแนะ	62
ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป	62
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก.....	71
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย	73
หนังสือขอความอนุเคราะห์	74
ภาคผนวก ข ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	84
ตารางค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของเนื้อหา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	86
ภาคผนวก ค ตารางแสดงการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	88
ตารางผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	89
ภาคผนวก ง แสดงผลคะแนนจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียน	91
แสดงผลคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน.....	93
ภาคผนวก จ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	95
แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	100
แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	102
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	103
ภาคผนวก ช ประมวลผลการเก็บข้อมูลการวิจัย	127
ประวัติย่อของผู้วิจัย	130

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ตัวอย่างสารละลายบางชนิดในสถานะต่าง ๆ	24
2	ตัวอย่างคอลลอยด์ประเภทต่าง ๆ	36
3	สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับนักเรียนกลุ่มเล็ก 3 คน	42
4	จำแนกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	44
5	แบบแผนการวิจัย	45
6	ผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	50
7	แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้.....	51
8	เปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน...	51
9	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน	52
10	ค่าร้อยละความคิดเห็นของนักเรียนที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	53
11	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย	84
12	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย	86
13	แสดงการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย.....	88
14	แสดงผลวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย	89
15	แสดงผลคะแนนจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียน.....	91
16	แสดงผลคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน.....	93

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างของบทเรียนแบบจำลองสถานการณ์	12
2 แสดงขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	14

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศชาติ เป็นการเตรียมกำลังคนในชาติให้มีวิถีชีวิตที่เป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพื่อรองรับโลกเทคโนโลยีซึ่งจะมีผลกระทบต่อวิถีการดำเนินชีวิต โดยการสร้าง “สังคมไทยให้เป็นสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” เมื่อพิจารณาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) เนื้อหาสาระที่บรรจุในวิชาวิทยาศาสตร์จากแนวความคิดหลักพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตโดยเริ่มตั้งแต่สิ่งรอบตัวที่เป็นพื้นฐานการดำรงชีวิต เช่น น้ำ สารรอบตัว สารละลาย พืช สัตว์ เป็นการนำเรื่องราวต่าง ๆ รอบตัวเข้าสู่เรื่องเกี่ยวกับตัวนักเรียนเอง อีกทั้งเรื่องสารละลายเป็นเนื้อหาหนึ่งในกรอบมาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนร่วม กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับการศึกษาระดับพื้นฐาน 12 ปี เป็นกรอบมาตรฐานและสาระที่เป็นพื้นฐานจำเป็นสำหรับนักเรียนไทยทุกคน อีกทั้งเป็นเนื้อหาหนึ่งที่สำคัญในการจัดให้ผู้เรียนทำการทดลองเพื่อหาข้อสรุปได้กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ถือเป็นแนวทางการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นับเป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานในการดำรงชีวิตและการศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป

การศึกษาของไทยที่ผ่านมาไม่ตอบสนองกระบวนการพัฒนาผู้เรียนเท่าที่ควร ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนการสอนมุ่งเน้นถ่ายทอดความรู้และเนื้อหาแต่ละเลยการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาศักยภาพของตนเองเป็นผลทำให้ผู้เรียนมีแต่ความรู้ไม่มีความคิด(วิชัย วงษ์ใหญ่, 2542 : 2) ไม่มีสื่อและกิจกรรมอื่นประกอบ (วิทยากร เชียงกูล, 2541 : 137) จึงส่งผลต่อความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ของประเทศไทยดังที่ปรากฏในรายงานสรุปผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติ ซึ่งพบว่าความสามารถของนักเรียนไทยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยปี 2543 อยู่ในอันดับที่ 47 ซึ่งเป็นอันดับสุดท้าย(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543 :15) กระบวนการเรียนรู้จะต้องมุ่งเน้นที่ผู้เรียนเป็นสำคัญและเป็นจุดปรับเปลี่ยนในการปฏิรูปการเรียนรู้ถือเป็นหัวใจของการปฏิรูปการศึกษาตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 การจัดการศึกษาที่เสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียนให้สามารถคิดเป็น ทำเป็น มีทักษะในการจัดการ มีคุณธรรมและค่านิยมที่ดีงามและรักการแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง (รุ่ง แก้วแดง, 2542 : 48-63) การจัดกระบวนการเรียนรู้ต้องให้สอดคล้องกับกระแสแห่งการเปลี่ยนแปลงของยุคอิเล็กทรอนิกส์ที่วิทยาการเจริญก้าวหน้า ข้อมูลและสาระความรู้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ผู้เรียนทุกวัยมีโอกาสรเรียนรู้จากแหล่งความรู้ที่มีรอบตัวทั้งจากครูคน ครูเครื่อง และครูธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543 :5) ถือเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ผู้เรียนจะต้องสร้างองค์ความรู้ได้เองจากทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่

การเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการคิดได้ด้วยตนเองนั้น จะต้องให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ใช้เหตุผล และให้ผู้เรียนได้โต้ตอบและสัมผัสกับโลกที่อยู่รอบ ๆ ตัว (ถนอมพร เลหาจรสแสง, 2543 : 25) การที่จะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการคิดได้ก็คือผู้เรียนจะต้องเข้าไปอยู่ในสถานการณ์จริงที่เขาจะต้องตัดสินใจ เมื่อผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเขาจะไม่อยู่เฉย จะมีความพยายามในการคิดและตัดสินใจ จะทำให้เกิดกระบวนการคิดพิจารณาถึงซึ่งเป็นความคิด

ระดับสูงขึ้นมาได้ เมื่อเกิดกระบวนการคิดขึ้นก็จะมีการถ่ายโยงกระบวนการคิดไปสู่สถานการณ์ในชีวิตจริง ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำและฝึกคิดด้วยตนเอง ครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ศึกษามากกว่าที่จะเป็นผู้บอกเล่าให้นักเรียนได้จดจำเรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ การเรียนรู้ของนักเรียนจะเกิดขึ้นในระหว่างที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมโดยตรงในกิจกรรมการเรียนการสอนเหล่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2543 : 1)

นักการศึกษาให้ความสนใจและตื่นตัวในการนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในวงการศึกษา เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและช่วยในการจัดการเรียนการสอน (Taylor. 1980 : 25 – 28) ในวิถีการเรียนรู้ที่เราเข้าสู่ยุคแห่งการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการจัดการเรียนการสอน ในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นนวัตกรรมการศึกษาที่ได้รับการกล่าวถึงในฐานะของสื่อโดยมุ่งหวังเพื่อการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เปลี่ยนบทบาทจากสื่อที่ช่วยครูสอน เป็นสื่อที่ช่วยผู้เรียน โดยผู้เรียนจะเรียนด้วยตนเองตามเอกัตภาพ (Individualized Instruction) ที่เร้าต่อการเรียนรู้ (วสันต์ อดิศักดิ์. 2538 : 49 – 52) สอดคล้องกับข้อสังเกตของพระธรรมปิฎก(2541:43) ได้ชี้ให้เห็นถึงปัจจัยภายนอก (กัลยาณมิตร) ที่ว่าการจัดการศึกษาต่าง ๆ ขึ้นมา เราไม่สามารถให้การศึกษาแก่คนได้แต่เราได้ให้ปัจจัยแห่งการศึกษาแก่เขา คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ถือเป็นสื่อหรือปัจจัยแห่งการศึกษาของผู้เรียนอย่างหนึ่ง โดยปัจจัยในการศึกษาจะบรรลุผลได้เมื่อคนเกิดการศึกษาขึ้นมาในตัวเอง รู้จักคิดและพึ่งตนเองได้ ในวงการศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับการพัฒนาตลอดเวลา ประสิทธิภาพของบทเรียนในรูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้ดีจากการศึกษาวิจัย เบญจวรรณ โรจน์พานิช (2540 : 73 – 76) และสมพงษ์ สूरยะวงศ์. (2542 : บทคัดย่อ) พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นรวมทั้งช่วยเพิ่มแรงจูงใจและมีเจตคติ ที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ การจำลองสถานการณ์สามารถทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียน มีประสบการณ์ในกระบวนการตัดสินใจ ช่วยทำให้เกิดกระบวนการคิด (ปรัชญนันท์ นิลสุข. 2543 : 47 ; อ้างอิงจาก Sook. 1995 : 234. *Journal of Educational Technology system.*)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์เป็นแบบหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีเพราะผู้เรียนจะได้เรียนรู้เหมือนกับเป็นประสบการณ์ตรงเป็นสิ่งที่จะติดตรึงไปตลอดชีวิต ครูสามารถนำไปให้นักเรียนได้เรียนรู้เพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ของแต่ละวิชาได้ โดยครูกำหนดว่าจะสอนอะไรให้ผู้เรียน แสดงให้เห็นวิธีการแก้ไขปัญหาว่าทำอย่างไรและสร้างการตัดสินใจให้ผู้เรียนได้กระทำกับสถานการณ์จำลอง ก็คือการทำให้ผู้เรียนได้ประสบกับปัญหาในชีวิตจริง ในสภาพแวดล้อมที่เขาได้ร่วมตัดสินใจเป็นลำดับขั้นและในการทดลองที่เป็นอันตรายก็จะมีอันตรายกับตัวเขา ในทางปฏิบัติเองถ้าเกิดการผิดพลาดขึ้นนั้นก็เป็นประโยชน์ เพราะได้เรียนรู้และหาทางเลือกและแก้ไขได้ ประสบการณ์ที่ได้รับก็จะช่วยให้วิเคราะห์กระบวนการแก้ไขปัญหาได้ภายหลัง(ปรัชญนันท์ นิลสุข. 2543 : 49 ; อ้างอิงจาก Knapp and Glenn.1996 : 103. *Journal of Educational Technology system.*)เป็นการทำให้ผู้เรียนได้มีทักษะในการคิดซึ่งจะเป็นแนวทางในการตัดสินใจในชีวิตจริงของผู้เรียนต่อไป ทั้งนี้การเรียนการสอนโดยการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ เป็นการออกแบบสำหรับผู้เรียนเพื่อเป็นการฝึกปฏิบัติและทักษะความสามารถในสถานการณ์จริง ซึ่งเหมาะสมกับการนำมาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายที่เน้นการปฏิบัติ จากสถานการณ์จำลองที่สร้างขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ดีขึ้น โดยเนื้อหาที่เป็นนามธรรม โปรแกรมสามารถจำลองออกมาให้เกิดความเข้าใจ และดึงดูดความสนใจได้ดียิ่งขึ้น การทดลองที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเกิดการผิดพลาดได้ง่ายสามารถจำลองให้เห็นการเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ลดข้อผิดพลาดลง

ตลอดจนการทดลองที่เกิดขึ้นซ้ำ ก็สามารถจำลองออกมาให้เร็วขึ้น เป็นการลดเวลาเรียนและผู้เรียนสามารถฝึกทักษะซ้ำ ๆ ได้ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

จากสภาพการณ์ดังกล่าวคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์จัดเป็นสื่อที่ดีในการเรียนรู้ตามศักยภาพที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ผู้เรียนคิดได้ด้วยตนเอง ในขณะที่เดียวกันก็ช่วยแก้ปัญหาวิกฤตการณ์ทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ ฝึกคิดมากกว่าฟังคำบอกเล่าให้จดจำเนื้อหาต่าง ๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย เป็นการสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนจากแหล่งความรู้ที่เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามศักยภาพในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาพื้นฐาน ที่เนื้อหาบางตอนมีลักษณะเป็นนามธรรมและไม่สามารถทำการทดลองได้จริง และบางกิจกรรมต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากและเกิดข้อผิดพลาดได้มากเมื่อใช้คอมพิวเตอร์สร้างภาพจำลองสถานการณ์ เพื่อให้เห็นภาพการเคลื่อนไหวในการเกิดปฏิกิริยาของสารในมิติอื่นๆ ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ช่วยให้นักเรียนได้มองเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนในแต่ละขั้นตอนของเนื้อหาและกิจกรรมการทดลอง มีผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้แก่ผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพได้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจัดเป็นสื่อการเรียนการสอนที่สำคัญทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ซึ่งผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นจะมีประสิทธิภาพเป็นสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ตามอัธยาศัย และตามศักยภาพของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากบทเรียนที่พัฒนาขึ้นโดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะได้อบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. เป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย
2. เป็นประโยชน์แก่นักเรียนและผู้สนใจ ที่ศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่องสารละลาย
3. เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 4 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 145 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี จำนวน 34 คน ที่สุ่มมาจากประชากรดังกล่าว ซึ่งโรงเรียนจัดนักเรียนแบบความสามารถเป็น 4 ห้องเรียน ห้องละประมาณ 35 คน ผู้วิจัยสุ่มนักเรียนมา 1 ห้องเรียนจาก 4 ห้องเรียน จำนวน 34 คน โดยการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย

ตัวแปรตาม ได้แก่

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

เนื้อหาและระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องสารละลาย ประกอบด้วยเนื้อหา 3 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

หน่วยที่ 1 สารละลาย

หน่วยที่ 2 การแยกสารละลาย

หน่วยที่ 3 กรด-เบส

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 ใช้เวลาในการทดลอง 6 คาบ คาบละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย หมายถึง บทเรียนที่สร้างและนำเสนอด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นำเสนอเนื้อหาไว้ในรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ ประกอบข้อความเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบ่งเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้ 1. สารละลาย 2. การแยกสารละลาย 3. กรด-เบส

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ หมายถึง ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังจากจบบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ตัวเลข 80 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์

ตัวเลข 80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังจากที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยวัดผลจากคะแนนการตอบแบบทดสอบตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้จากผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งวัดผลการเรียนรู้ในพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

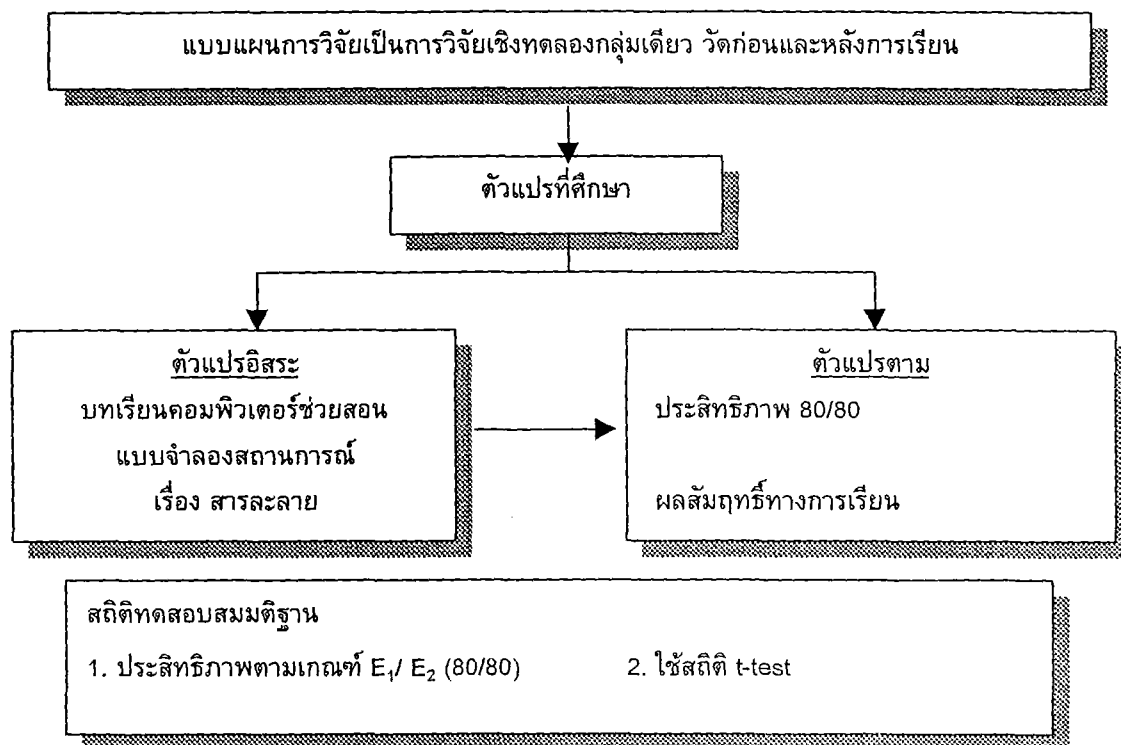
ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบหรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม

การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญในการการคิดและการฝึกปฏิบัติการจากสถานการณ์จำลองทางวิทยาศาสตร์จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอ ประกอบด้วย 4 ทักษะ คือ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการคำนวณ ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ หมายถึง ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ ในด้านส่วนนำของบทเรียน การใช้ภาษา เนื้อหาของบทเรียน และการออกแบบบทเรียน จากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย วัดจากแบบสอบถามความคิดเห็นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า 3 ระดับ คือ มาก ปานกลางและน้อย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย สูงขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้นำเสนอตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์
 - 1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 1.2 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 - 1.3 การจำลองสถานการณ์
 - 1.4 การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
3. ความรู้ในเรื่องสารละลาย
 - 3.1 สารละลาย
 - 3.2 การแยกสาร
 - 3.3 กรด-เบส
 - 3.4 คอลลอยด์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์

1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction - CAI) เป็นสื่อการศึกษายุคใหม่ที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมแพร่หลายมากในแวดวงการศึกษาในปัจจุบัน ซึ่งความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีนักการศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ให้ความหมายไว้มากมาย ดังนี้

ยี่น ภู่วรรณ (2531 : 121) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเนื้อหาวิชา และลำดับวิธีการสอนมาเก็บบันทึกไว้อย่างเป็นระบบ นำเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนแต่ละคน

ชนิษฐา ชานนท์(2532 : 8) ได้ให้ความหมายคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ว่า การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน โดยที่ใช้เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด และการทดสอบจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนจะเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะเสนอเนื้อหาวิชาทั้งในรูปตัวหนังสือและภาพกราฟิก ตลอดจนถามคำถาม รับคำตอบจากผู้เรียน ตรวจสอบคำตอบและแสดงผลการเรียนรู้ในรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับให้แก่ผู้เรียนได้

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2541 : 7) ได้ให้ความหมายคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ว่า หมายถึง สื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสมเพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงมากที่สุด

สเปนเซอร์ (Spencer. 1977 : 50) ได้ให้ความหมายไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการใช้คอมพิวเตอร์ในกระบวนการเรียนส่วนบุคคล โดยใช้ลำดับขั้นตอนของการเรียนการสอนแก่นักเรียนภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ อัตราความก้าวหน้าในการเรียนนั้นขึ้นกับตัวของผู้เรียนเอง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถตอบสนองความต้องการส่วนบุคคลได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง สื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอ เนื้อหาไว้ในรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะสมกับผู้เรียน

1.2 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้ในวงการศึกษาสามารถแบ่งประเภทได้หลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวคิดของนักการศึกษาแต่ละท่าน เช่น แบ่งตามลักษณะการใช้งาน ตามลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน

สำหรับการแบ่งตามลักษณะการใช้งานนั้น ยีน ภู่วรรณ (2531 : 121) ได้จัดแบ่งไว้พอสรุปได้ดังนี้

1. แบบฝึกปฏิบัติ เป็นแบบให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ ในบางครั้งอาจเป็นเสมือนข้อสอบอิเล็กทรอนิกส์ โดยเครื่องจะพิมพ์คำถามและรอคำตอบ เพื่อตรวจสอบคำตอบ พิจารณาความถูกต้องแล้วจะพิมพ์คำอธิบาย เพื่อชี้แนะคำตอบว่าถูกหรือผิดอีกครั้ง

2. เครื่องเปิดหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เป็นรูปแบบที่ช่วยให้ผู้ใช้ซอฟต์แวร์สามารถเรียกใช้หนังสือได้ง่าย เพราะมีการทำดัชนีไว้หลายแบบ เช่น ตามหัวเรื่อง ตามดัชนีคำ ตามหน้าหนังสือ ตามความยากง่าย มีเมนูให้เลือกใช้ได้ตามต้องการ

3. ครูอิเล็กทรอนิกส์ เป็นรูปแบบที่พัฒนาให้เป็นระบบที่ฉลาดสามารถจับทบทวนให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียนแต่ละคน สามารถโต้ตอบกับนักเรียนได้อย่างตรงประเด็น

การแบ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามลักษณะของกิจกรรมการเรียนการสอนอาจจัดแบ่งได้หลายประเภท (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 ; บุญชาติ ทัพภิกรณ์. 2539 และทักษิณา สวานนท์. 2530.) พอสรุปได้ดังนี้

1. ประเภทฝึกฝนและฝึกหัด จะพบเห็นกันทั่วไปในลักษณะบทเรียนมักเป็นการให้โจทย์แล้วถามคำถาม ถ้าตอบผิดจะอธิบายการตอบว่าผิดอย่างไร ให้ลองตอบดูใหม่ ถ้าตอบถูกจะเสริมแรงว่าทำถูก หรือให้คำชมเชยแล้วจึงขึ้นคำถามใหม่

2. ประเภททบทวนความรู้ เป็นประเภทที่พยายามใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแทนครูสอนนิยมนำเมื่อผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาวิชาความรู้นั้น ๆ มาแล้ว เป็นการเรียนเสริมเพิ่มเติม เพื่อทบทวนและทำความเข้าใจกับเนื้อหาวิชาที่เรียนไปแล้ว ลักษณะของบทเรียนจึงเป็นการให้เนื้อหา พื้นฐานแล้วมีคำถามให้ผู้เรียนตอบหรือให้โจทย์ผู้เรียนทำ ถ้าผู้เรียนตอบถูก บทเรียนจะเสนอเนื้อหาต่อไป ถ้าผู้เรียนตอบหรือทำโจทย์ผิด บทเรียนอาจจะย้อนกลับมายังเนื้อหาที่เรียนแล้ว หรือไปยัง เนื้อหาที่เป็นส่วนซ่อมเสริม ขึ้นอยู่กับลักษณะของการตอบผิดถูกในคำถามนั้น ๆ

3. ประเภทจำลองสถานการณ์ ประเภทนี้พยายามเลียนแบบกระบวนการที่จะเกิดขึ้นจริง โดยการจำลองสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นให้ปรากฏ จะช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างประสบการณ์ในสิ่งที่เกิดขึ้นจริงหรือในสิ่งที่เป็นามธรรม ซึ่งโดยปกติอธิบายให้เข้าใจได้ยาก สถานการณ์จำลองสามารถขยายหรือลดเวลาเรียนให้เหมาะกับผู้เรียนแต่ละคน จึงเป็นการเรียนการสอนที่ช่วยให้เข้าใจในสิ่งที่ยากต่อการเรียนรู้ การสร้างบทเรียนลักษณะนี้ต้องสะท้อนกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างถูกต้องตามหลักวิชา จึงจะเป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพได้

4. ประเภทเกมประกอบการเรียนการสอน มีพื้นฐานมาจากธรรมชาติของผู้เรียนที่ชอบการแข่งขัน เมื่อมีสิ่งท้าทายให้แข่งขันจะเป็นแรงจูงใจให้สนใจเรียนเพิ่มขึ้น

5. ประเภทหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ มีพื้นฐานมาจากการจำลองบทเรียนในลักษณะที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียน มีส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกับหนังสือแบบเรียน คือ ปก คำนำ สารบัญ บทเนื้อหา แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ในแต่ละส่วนประกอบด้วยข้อมูลในรูปของมัลติมีเดียและมีการปฏิสัมพันธ์

6. ประเภทแก้ปัญหา เป็นการเสนอสถานการณ์ให้ผู้เรียนศึกษาแล้วตอบคำถาม เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ

7. ประเภทวินิจฉัยข้อบกพร่อง ใช้คำถามหรือทดสอบผู้เรียนว่ายังมีจุดบกพร่องในมโนมตินั้น ๆ แล้วดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่อง

8. ประเภทไฮเปอร์เท็กซ์ มีลักษณะของบทเรียนประกอบด้วยการเชื่อมอักขระจากคำหรือข้อความไปยังคำหรือข้อความอื่นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน คำหรือข้อความอาจอยู่ในไฟล์เดียวกันหรือต่างไฟล์กัน การเชื่อมโยงจะเหมือนการเชื่อมโยงของโยงแมงมุม

9. ประเภทไฮเปอร์มีเดีย มีลักษณะเช่นเดียวกับประเภทไฮเปอร์เท็กซ์ต่างกันที่สื่อที่เชื่อมโยงกันนั้น ไม่ใช่อักขระเพียงอย่างเดียวแต่เป็นการเชื่อมโยงของมัลติมีเดียในลักษณะไฮเปอร์เท็กซ์

10. บทสนทนา เป็นการเลียนแบบการสอนในห้องเรียนกล่าวคือพยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เพียงแต่ว่าแทนที่จะใช้เสียงก็เป็นตัวอักษรบนจอภาพแล้วมีการสอนด้วยการตั้งปัญหาถาม

11. การสาธิต เป็นการสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์มีลักษณะคล้ายกับการสาธิตของครูแต่การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ น่าสนใจกว่าเพราะคอมพิวเตอร์ให้ทั้งเส้นกราฟที่สวยงามตลอดทั้งสี และเสียงด้วยครูสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อสาธิตเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ และวิชาวิทยาศาสตร์ได้หลายแขนง

จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีหลายแบบ แต่ละแบบเน้นการใช้งานต่างกัน สำหรับการใช้อคอมพิวเตอร์ในการจำลองสถานการณ์นั้นเป็นแบบหนึ่งที่สามารถสร้างภาพจำลองเหตุการณ์ให้มีการเคลื่อนไหว เพื่อเลียนแบบการทำงานของอุปกรณ์จริง โดยเฉพาะการจำลองสถานการณ์เนื้อหาที่เป็นนามธรรมโปรแกรมจะจำลองออกมาเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้นทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามจุดมุ่งหมาย ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบจำลองสถานการณ์ เป็นหลักในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.3 การจำลองสถานการณ์

1.3.1 ความหมายของการจำลองสถานการณ์

นักการศึกษาให้ความหมายการจำลองสถานการณ์ (simulation) ไว้ดังนี้

นงนุช วรรณหะ (2535 : 27) ให้ความหมายของการจำลองสถานการณ์ ในการเรียนการสอนว่าเป็นวิธีการเลียนแบบ หรือสร้างสถานการณ์เพื่อทดแทนสภาพความเป็นจริง เพื่อจูงใจให้เกิดการเรียนรู้ โดยมีส่วนร่วมเกี่ยวข้อง เช่น การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใจ การโต้ตอบกับสิ่งที่เกิดขึ้นในการจำลองสถานการณ์ โดยที่ในชีวิตจริงผู้เรียนอาจไม่สามารถแสดงปฏิกิริยาเหล่านั้นได้ แต่ในสถานการณ์ย่อมลดความยุ่งยากซับซ้อนให้น้อยกว่าเหตุการณ์จริง เช่น ลดโอกาสที่จะเกิดขึ้น ในการจำลองสถานการณ์ ผู้เรียนต้องแก้ไขปัญหามาจากการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการด้วยตนเองจนเกิดความเข้าใจในคุณลักษณะต่าง ๆ ในที่สุด รวมทั้งเรียนรู้วิธีการควบคุมเหตุการณ์ หรือเรียนรู้ว่าต้องปฏิบัติอย่างไรในสถานการณ์นั้นๆ

สำเร็จ เวชสุนทร (2531 : 18 – 19) ให้ความหมายของการจำลองสถานการณ์ ว่าเป็นการจัดสภาพแวดล้อมเลียนแบบของจริงให้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริง หรือคล้ายคลึงกับสิ่งเป็นจริงในสังคมมากที่สุด และให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้ปัญหา และให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติเหมือนกับอยู่ในสถานการณ์นั้นจริง ๆ เป็นการฝึกที่ไม่ทำให้ผู้เรียนอยู่ในสภาพที่อันตราย อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ชูลทซ์ (Schultz, 1972 : 4) กล่าวว่า การจำลองสถานการณ์ เป็นการสอนแบบปฏิบัติการ ที่ใช้แบบจำลองหรือกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในรูปแบบหรือ ความคล้ายคลึงกับสภาพที่เป็นจริง ที่สร้างขึ้นมาเพื่อตรวจสอบภาวะหรือเพื่อการสอน เป็นการสอนที่สมมติสถานการณ์ ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติแก้ปัญหด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ดีกว่าทำการสอนแบบบรรยาย

จากความหมายข้างต้นกล่าวสรุปได้ว่า การจำลองสถานการณ์ หมายถึง การเลียนแบบสภาพจริงขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจแก้ปัญหา ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ มีประสบการณ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

1.3.2 จุดมุ่งหมายในการใช้การจำลองสถานการณ์

นงนุช วรรณหะ (2535 : 27) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการใช้การจำลองสถานการณ์ในการเรียนการสอนว่าเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

เชย์ (ประวิทย์, 2537 : 62 – 63 ; อ้างอิงจาก Shay, 1978 : 5. *Computer and Education*) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายไว้ว่า การจำลองสถานการณ์มักไม่ค่อยใช้เดี่ยว ๆ ในการสอนความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มีการจำลองสถานการณ์ มากมายที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการให้ข้อมูลโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ประสบการณ์และมีเหตุผลมากขึ้นควรเป็นกิจกรรมสั้น ๆ

จุดมุ่งหมายข้างต้นสรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายในการใช้จำลองสถานการณ์เพื่อให้เกิดความรู้ สร้างประสบการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

1.3.3 ประเภทของการจำลองสถานการณ์

นงนุช วรรณหะ (2535 : 27 – 30) ได้จัดแบ่งประเภทของการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการศึกษาได้ 4 ประเภท พอสรุปได้ดังนี้

1.3.3.1 โปรแกรมจำลองสถานการณ์เชิงกายภาพ (Physical simulation) เป็นการจำลองสถานการณ์วิธีการเรียนรู้กระบวนการทำงานของเครื่องจักรกล การทำงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการทดลอง เช่น การจำลองสภาพการขับเครื่องบิน ผู้เรียนได้เห็นภาพเครื่องมือภายในเครื่องบินที่ยู้งยากซับซ้อนน้อยกว่าของจริง จุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการอ่านเครื่องมือ เช่น เครื่องวัดความสูง เครื่องวัดความเร็ว เครื่องวัดความกดดัน วัดอุณหภูมิ ในสถานการณ์จำลองจะใช้เครื่องมือที่จำเป็นเท่านั้น ตัวอย่างดังกล่าวเป็นการจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนและมีราคาแพง

1.3.3.2 โปรแกรมจำลองสถานการณ์เชิงขั้นตอนการทำงาน (Procedural simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะเน้นการเรียนรู้ขั้นตอน กระบวนการทำงานของเครื่องมือโดยเรียนรู้ผ่านเครื่องมือจำลองเพื่อเน้นการฝึกทักษะ และการกระทำที่จำเป็นต่อการควบคุมให้เครื่องมือเหล่านั้นทำงาน ตัวอย่างเช่น โปรแกรมที่จำลองความสำคัญของอุปกรณ์การบินของเครื่องบินจะคล้ายกับการสอนขั้นตอนกระบวนการบินมากกว่า โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสอน เป็นลำดับขั้นของการกระทำ เช่น การใช้โทรศัพท์ การแยกสสาร การวินิจฉัยเครื่องยนต์ที่ขัดข้อง

1.3.3.3 โปรแกรมจำลองสถานการณ์เชิงเหตุการณ์(Situational simulation) เป็นโปรแกรมลักษณะที่เกี่ยวข้องกับทัศนคติ ความคิดเห็น และพฤติกรรมของมนุษย์ในเหตุการณ์ต่าง ๆ มากกว่าเน้นการฝึกทักษะ เป็นการเน้นให้ผู้เรียนค้นหาผลลัพธ์ เนื่องจากใช้วิธีการที่แตกต่างกันในเหตุการณ์หนึ่ง หรืออาจให้ผู้เรียนเล่นในบทบาทที่แตกต่างกัน ผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งในสถานการณ์นั้น เช่น โปรแกรมจำลองสถานการณ์โดยให้ผู้เล่นสวมบทบาทเป็นครูใหม่เพื่อแก้ปัญหาต่อนักเรียน และปัญหาด้านอื่น ๆ ในโรงเรียนเมื่อจบโปรแกรมจะได้รับการประเมินว่าควรจะจ้างครูให้ทำงานต่อไป หรือไม่

1.3.3.4 โปรแกรมจำลองสถานการณ์เชิงกระบวนการ(Process simulation) โปรแกรมนี้จะแตกต่างจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ประเภทอื่น ๆ คือ ผู้เรียนไม่ได้ร่วมมีบทบาทในสถานการณ์จำลอง แต่ผู้เรียนจะเป็นผู้สังเกตสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยไม่เข้าไปขัดจังหวะเพียงแต่เลือกคำตอบในสถานการณ์จำลองนั้น ซึ่งสามารถเร่งหรือลดความเร็ว ของสถานการณ์จำลองได้ เช่น โปรแกรมด้านพันธุกรรมเกี่ยวกับแมลงที่จะเกิดขึ้น และโปรแกรมการคาดคะเน จำนวนประชากร กลุ่มต่าง ๆ เป็นต้น

วุฒิชัย ประสารสอย (2543 : 23) ได้แบ่งโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบจำลองสถานการณ์ในการนำเสนอความรู้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

ด้านความหมาย เป็นการมุ่งที่จะอธิบายความหมาย แนวคิด และกระบวนการ เพื่อให้ได้คำตอบว่าสิ่งนั้น “คืออะไร”

ด้านวิธีการ เป็นการอธิบายวิธีการกระทำต่อสถานการณ์เพื่อให้ได้คำตอบว่าปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นผู้เรียนจะ “ทำอย่างไร”

ประเภทของการจำลองสถานการณ์กล่าวโดยสรุปมีหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้การจำลองสถานการณ์เชิงกระบวนการ เพื่ออธิบายความหมาย แนวคิด และกระบวนการ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.3.4 ประโยชน์ของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น จะมีประโยชน์มากในด้านการเรียนการสอน ซึ่ง נגนุช วรธนวหะ (2535 : 28 – 29) ได้กล่าวถึงประโยชน์ต่อผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านแรงจูงใจ ช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนแก่ผู้เรียน เพราะผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติแทนการอ่านจากหนังสือ หรือฟังโดยการบอกเล่า

2. ด้านการถ่ายโยงการเรียนรู้ โปรแกรมการจำลองสถานการณ์ จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองในเงื่อนไขต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโยงทักษะการแก้ปัญหาที่มีผลต่อการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

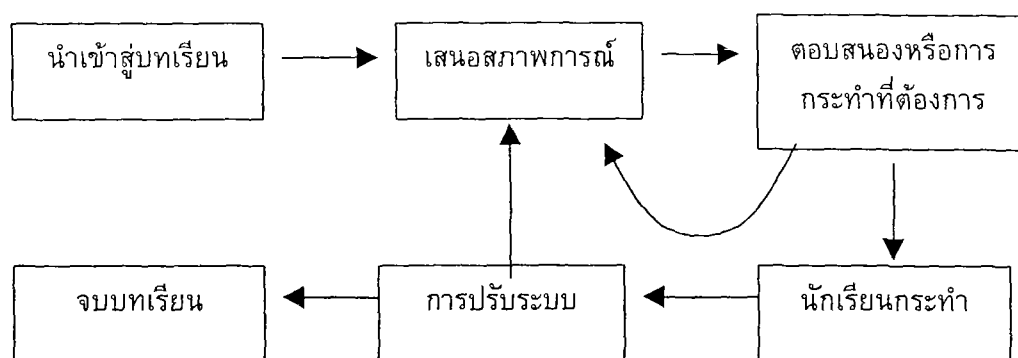
3. ด้านประสิทธิภาพ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนดีกว่าโปรแกรมอื่น โดยเฉพาะการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในโอกาสต่อไป

1.3.5 โครงสร้างของบทเรียนแบบจำลองสถานการณ์

อเลสซีและทรอลลิป (Alessi and Trollip. 1985 : 137 - 138) ได้กล่าวถึง โครงสร้างของ บทเรียนแบบจำลองสถานการณ์ มีองค์ประกอบเป็น 6 ส่วน ดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)
2. เสนอสถานการณ์ (Present scenario)
3. ตอบสนองหรือการกระทำที่ต้องการ (Action required)
4. นักเรียนกระทำ (Student acts)
5. การปรับระบบ (System updates)
6. จบบทเรียน (Closing)

จากองค์ประกอบทั้ง 6 ส่วนนำมาเขียนความสัมพันธ์ดังภาพ



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของบทเรียนแบบจำลองสถานการณ์

จากโครงสร้างของบทเรียนของบทเรียนจำลองสถานการณ์นั้น จะประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้ คือ (Alessi and Trollip. 1985 : 137 –153)

1. ส่วนแนะนำ (Introduction simulation)

1.1 ในการจำลองสถานการณ์ส่วนที่แนะนำผู้เรียนต้องมีจุดประสงค์ เป้าหมายของการจำลองสถานการณ์ ที่ชัดเจน จะทำให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียน

1.2 มีความชัดเจนและความสมบูรณ์ของวิธีการใช้โปรแกรมบทเรียน เช่น การใช้แป้นพิมพ์ ข้อมูลลงไป

1.3 เมื่อเริ่มต้นบทเรียน ต้องมี Title page บอกจุดประสงค์ วิธีการใช้ เนื้อเรื่องของ บทเรียน ที่อธิบายการจำลองสถานการณ์ เพื่อเป็นการดึงดูดใจผู้เรียนที่จะได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการจำลองสถานการณ์ โดยจะแสดงภาพกราฟฟิก เช่น ในการทดลองทางเคมี ก็จะแสดงอุปกรณ์ เป็นต้น

2. การนำเสนอเนื้อเรื่องและปฏิริยาโต้ตอบ (Presentation and Interaction) การนำเสนอสถานการณ์จำลอง ให้นักเรียนเห็นเพื่อเลียนแบบของจริง การนำเสนอมี 4 แบบ คือ

2.1 มีตัวเลือกเป็นข้อความหลาย ๆ ข้อความให้เลือกโดยการแสดงไว้เป็นไอคอน

2.2 มีการเคลื่อนย้ายวัตถุได้ โดยแสดงเป็นภาพไว้ เช่น ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ทางเคมี

2.3 มีการแสดงผลที่เกิดจากเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลง เช่น นักดนตรีได้ยินเสียงโน้ตดนตรีจากการเล่นโดยคอมพิวเตอร์

2.4 มีการสืบเสาะหาจากระบบที่จำลองสถานการณ์ไว้

3. ความสมบูรณ์ของการจำลองสถานการณ์ (Completion of simulation)

การจำลองสถานการณ์เชิงกระบวนการจะประสบความสำเร็จหรือไม่ จะดูที่กระบวนการทำงานมีความถูกต้องสมบูรณ์ โดยนักเรียนจะทำซ้ำได้หลาย ๆ ครั้ง และสามารถเริ่มต้นใหม่ได้อีก ส่วนการจำลองสถานการณ์เชิงเหตุการณ์ เช่นขั้นตอนการทำงาน และเชิงกายภาพ จะดูว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่ โดยนักเรียนสามารถเลือกไปตามลำดับทางเดินที่มีให้ และถ้าสมบูรณ์นักเรียนจะเลือกทำตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้จนจบ

สรุปได้ว่าการจำลองสถานการณ์นั้นต้องมีความชัดเจน ถูกต้องตรงตามจุดประสงค์ของเนื้อหา และมีความสมบูรณ์ในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งถ้าไม่ตรงตามจุดประสงค์จะมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เช่นเดียวกัน

1.3.6 ผลดีและผลเสียของการจำลองสถานการณ์

ผลดีของการจำลองสถานการณ์

คมกริบ เคนบุปผา (2533 : 28) ได้กล่าวถึงการจำลองสถานการณ์ว่ามีผลดีเหนือวิธีการสอนแบบบรรยายและแบบให้อ่าน ดังนี้

1. เป็นวิธีการถ่ายทอดการเรียนรู้ที่ยิ่งใหญ่
2. เป็นสภาพแวดล้อมที่จัดให้ผู้เรียนเกิดความคิดทันทีโดยทางตรงและทางอ้อม
3. คุ่มค่าต่อการเสียความผิดพลาดและอันตรายต่อชีวิต
4. ช่วยย่นระยะเวลาได้

ผลเสียของการจำลองสถานการณ์

1. ความยุ่งยากในการออกแบบ

1.1 ต้องการความเชื่อมั่นได้ต่อสถานการณ์ที่เป็นจริงเพื่อนำไปสู่การถ่ายโยงความรู้ ไปสู่สถานการณ์ของชีวิตจริง

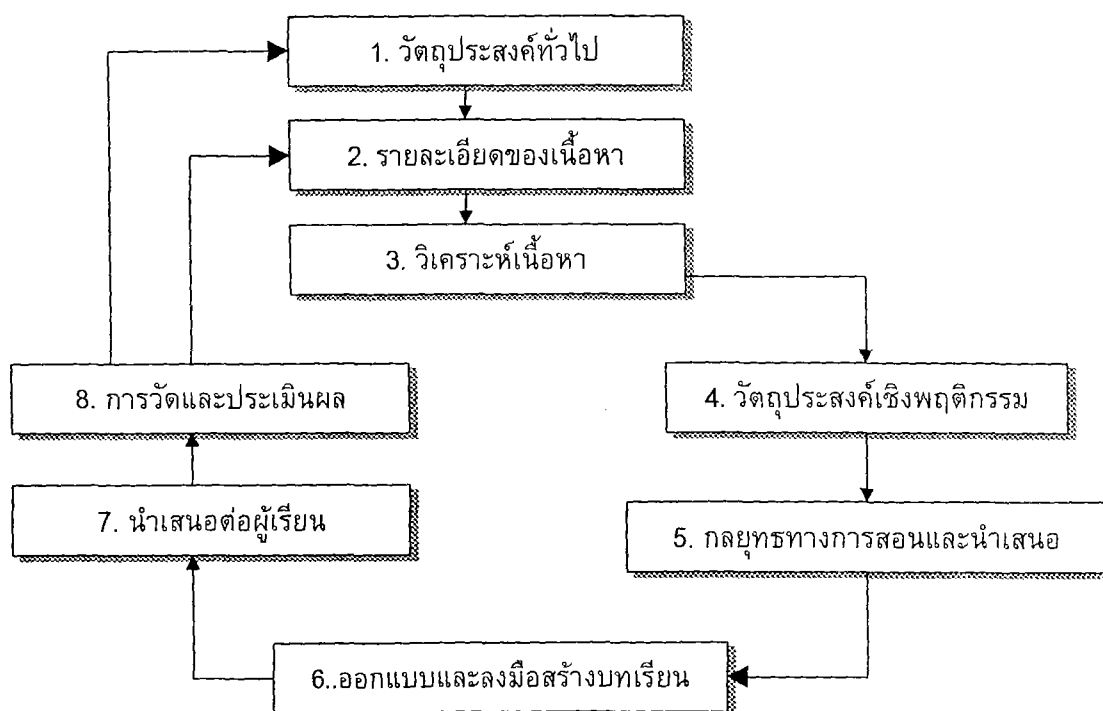
1.2 ต้องการความเที่ยงตรง สมเหตุสมผลเพื่อเป็นสื่อให้เกิดการเรียนรู้

2. ความยุ่งยากในเรื่องค่าใช้จ่าย ในการพัฒนาโปรแกรมต้องทำซ้ำ แล้วซ้ำอีก

จากหลักการพื้นฐานที่กล่าวมาสรุปได้ว่าเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้มาใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้หลายแบบ หลากหลายวิธีการซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการเหล่านี้มาเป็นแนวทางในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Authorware Professional 4.0

1.4 การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์

การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นกระบวนการที่จะต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่องซึ่งจะต้องใช้ทั้งความวิริยะ อุตสาหะ และความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติเป็นอย่างมากโดยมีเป้าหมายอยู่ที่การสร้างคุณภาพหรือประสิทธิภาพเชิงความรู้ เพื่อรับประกันได้ว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีคุณค่าต่อการศึกษาและช่วยให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์จากการใช้บทเรียนนั้นได้ในระดับใดบ้าง ตลอดจนสามารถสร้างสรรค์รูปแบบการนำเสนอเนื้อหาความรู้ให้เหมาะสมกับพฤติกรรมและการตอบสนองของผู้ใช้บทเรียน (วุฒิชัย ประสารสอย. 2543 : 28 -31) ดังนี้



ภาพประกอบ 2 แสดงขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. วัตถุประสงค์ทั่วไป (Goal/Objectives) ได้แก่ กำหนดว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นนี้ต้องการนำไปใช้เพื่อใคร และต้องการให้เรียนรู้อะไรบ้าง จากการศึกษาและวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา รวมไปถึงแผนการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่ต้องการนำมาสร้างเป็นสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอีกด้วย

2. รายละเอียดของเนื้อหา (Content Specification) ได้แก่ เนื้อหาความรู้ที่กำหนดเอาไว้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ ซึ่งอาจจะได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาของหลักสูตร การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การสัมมนาทางวิชาการ หรือค้นหาเพื่อจัดระบบจากแหล่งทรัพยากรอื่น แล้วนำมาวิเคราะห์ความสำคัญและคุณค่าของบูรณาการด้านเนื้อหา รวมไปถึงการศึกษาและกำหนดคุณสมบัติของเนื้อหาความรู้ และกิจกรรมบทเรียนที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนด้วย

3. วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) วิธีการนี้จะเริ่มต้นจากการวิเคราะห์งาน (Task Analysis) เพื่ออธิบายกิจกรรมการเรียนการสอนและจัดลำดับกิจกรรมเหล่านั้นให้เหมาะสม ถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทั่วไปจนได้รายละเอียดของเรื่องที่จะสอนหรือหัวข้อการสอน (Topic Content) ต่อจากนั้นจึงนำเอารายละเอียดที่ได้มาทำการแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยตามความเหมาะสม การแบ่งเนื้อหาควรแบ่งแต่ละตอนให้สมดุลและสัมพันธ์กัน อาจสลับหัวข้อใหม่หรือรวมหัวข้อที่คล้ายคลึงกันได้เพื่อให้ต่อเนื่อง หรือเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจที่ย่อมทำได้ ข้อสำคัญ คือไม่ความตัดตอนเนื้อหาให้น้อยกว่าที่กำหนด

4. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives) เป็นการกำหนดพฤติกรรมเชิงความรู้ (Knowledge-Base Behavior) เพื่อให้ผู้เรียนได้รับรู้ว่าเมื่อเรียนจบบทเรียนแล้วจะได้รับสิ่งใดจากการเรียน การกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนเอาไว้ล่วงหน้าอย่างแน่ชัด และเฉพาะเจาะจง เป็นการบอกให้ผู้เรียนได้รับรู้ว่าตนเองจะได้รับการพัฒนาความสามารถ (Competency-Base Learning) จนประสบผลสำเร็จในการเรียนอย่างไร และช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ตามระดับความสามารถจากการกำหนดระดับขั้นเพื่อจัดสภาวะการณ์การเรียนการสอนล่วงหน้า นั่นคือ ความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกมาให้ตรวจสอบและประเมินได้ภายหลังจากการเรียนในแต่ละเรื่องจบไปแล้ว

5. กลยุทธ์ทางการสอนและนำเสนอ (Teaching Strategies & Models of Delivery) ได้แก่ การเลือกที่จะใช้วิธีสื่อสารเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ เช่น การนำเสนอข้อมูลเนื้อหาด้วยข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น โดยกำหนดหลักการให้สอดคล้องกันกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ในที่สุด

การกำหนดกลยุทธ์ทางการสอนและนำเสนอโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อยที่สัมพันธ์กันเป็นอย่างดี และนำเสนอเนื้อหาความรู้ที่น้อย ๆ เพื่อให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนที่ต่อเนื่องกัน และถ้าผู้เรียนได้ใช้ศักยภาพภายในตนเองอย่างเต็มที่แล้วยังไม่บรรลุวัตถุประสงค์ก็ยังสามารถเรียนซ้ำได้ไม่จำกัดครั้ง

6. ออกแบบและลงมือสร้างบทเรียน (Design & Implementation) ในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการเตรียมผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่ การนำเอารายละเอียดที่ได้จากการปฏิบัติที่ผ่านมาทั้งหมดมาจำแนกรายละเอียดเป็นการเฉพาะในแต่ละส่วน และเป็นการกำหนดแผนและวิธีการปฏิบัติในรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ข้อมูลในการปฏิบัติหากพบว่ามีข้อบกพร่องที่ส่วนใดควรปรับปรุงและแก้ไขให้บกพร่องมีน้อยที่สุด เรียกขั้นตอนการเขียนบทดำเนินเรื่อง หรือที่เรียกว่า “การเขียนสคริปต์”

การออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องประกอบด้วยบุคลากรด้านต่างๆ เช่น ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษาที่มีความรู้ความสามารถที่จะใช้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะกำหนดเป้าหมายและความเหมาะสมของกลวิธีที่จะใช้นำเสนอบทเรียน เช่น การออกแบบการสอน การจัดวางรูปเพื่อนำเสนอ การออกแบบจอภาพที่สื่อความหมายได้ชัดเจน ตลอดจนวิธีนำเสนอแบบสื่อประสม

7. นำเสนอต่อผู้เรียน (Delivery) เป็นวิธีการที่จะนำไปสู่กระบวนการหาประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงหลักการด้านความยืดหยุ่น(Flexibility)และสร้างรูปแบบนำเสนอให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน

การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีข้อจำกัดในด้านความยืดหยุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับบทเรียนโดยครูผู้สอน เพราะผู้เรียนจะเผชิญหน้าและติดต่อกับสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตจิตใจตลอดเวลา ดังนั้นควรเลือกวิธีนำเสนอความรู้รอบคอบรัดกุม โดยอาจจะใช้วิธีการออกแบบกิจกรรมในบทเรียนให้ผู้เรียนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสได้รับการสอนซ่อมเสริม(Remedial Teaching) เพื่อเสริมสร้างความร่วมมือกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน ซึ่งเป็นการสร้างบรรยากาศของการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับการส่งเสริมพัฒนาการทางเจตคติ หรือเข้าใจความรู้สึกของมนุษย์ เพื่อสร้างบรรยากาศการจัดสภาวะการณ์สำหรับการสอนตามแนวความคิดของการสอนแนวใหม่ (Alternative Teaching) ที่มุ่งเน้นให้บรรลุในหลักการสำคัญโดยสรุป คือ

7.1 เน้นความเป็นกันเองระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนและไม่เคร่งเครียด

7.2 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียน

7.3 ผู้เรียนมีเสรีภาพในการเลือกเรียนสิ่งที่ตนเองสนใจ และใช้เวลาเรียนได้อย่างเต็มที่

7.4 เน้นกิจกรรมแบบร่วมมือกันของกลุ่มมากกว่าการแข่งขัน

ดังนั้น หากพบว่ามีข้อบกพร่องในบทเรียนตอนใดตอนหนึ่ง ควรปรับปรุงหรือแก้ไขให้สมบูรณ์มากที่สุดก่อนการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

8. การวัดและการประเมินผล (Evaluation) ได้แก่ การประเมินระหว่างการศึกษาด้านเนื้อหาและกิจกรรมการเรียน เพื่อให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเอาไว้ในเบื้องต้น เช่น การประเมินความถูกต้อง ความเหมาะสม และการครอบคลุมเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนที่จะจัดให้มีขึ้นในบทเรียนนั้น รวมทั้งการประเมินสรุป ซึ่งเป็นขั้นการประเมินทั้งด้านเนื้อหาและกิจกรรมที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางเอาไว้เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน

การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีขั้นตอนที่สำคัญหลายขั้นตอน ในการสร้างและพัฒนาจึงต้องเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้กำหนดแนวทางไว้ให้ชัดเจนรัดกุม เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพต่อไป

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคุณลักษณะเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถของบุคคลที่ได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ และประสบการณ์ อันเป็นผลจากการเรียนการสอนซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบและแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2523 : 137) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียน การสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และ ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝน อบรมหรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบ ระดับความสามารถหรือสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่า เรียนแล้วรู้เท่าไรมีความสามารถมากน้อยเพียงใด

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529 : 29) กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ คุณลักษณะ รวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือคือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับ จากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

ธงชัย ชิวปรีชา, ธนค์ชัย รูปพนมและปรีชาญ เดชศรี (2526 : 238-255) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ความรู้ ความสามารถของนักเรียนในการเรียน ซึ่งการที่จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้นั้นต้องมีการกำหนดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เพื่อจะได้เป็นแนวทางและเป็นเกณฑ์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วนการเรียนการสอนนิชาวิทยาสตรระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทย ได้มีการกำหนด พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนนิชาวิทยาสตร ซึ่งได้มาจากแนวคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer) ดังจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ความจำ

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์
- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม
- 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภทและเกณฑ์
- 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์
- 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

2. ความเข้าใจ

- 2.1 ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่
- 2.2 ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

- 3.1 การสังเกตและการวัด
- 3.2 การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา
- 3.3 การแปลความหมายของข้อมูล
- 3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับแบบจำลองเชิงทฤษฎี
- 3.5 การใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

- 4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน
- 4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน
- 4.3 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์

5. ธรรมชาติและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

จากพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ข้างต้น มีความสอดคล้องกับแนวความคิดของ เบนจามิน เอส บลูม (Benjamin S. Bloom) ซึ่งได้จำแนกไว้ 5 ประเภท ดังนี้ (ทบทวนมหาวิทยาลัย. 2525 : 182-185)

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความสามารถในการจดจำ อธิบายเหตุผลเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวความคิด กระบวนการ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดครอบคลุมพฤติกรรมหลายประการ เช่น ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทและหมวดหมู่ ความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ ความรู้เกี่ยวกับหลักการและแนวคิดสรุป ฯลฯ

2. พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถในการสังเกต การวัด การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาการตีความหมายและลงข้อสรุป ตลอดจนการสร้างการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองทางทฤษฎีซึ่งแบ่งออกเป็นรายละเอียดของพฤติกรรมต่อไปนี้

2.1 พฤติกรรมด้านสืบเสาะหาความรู้ขั้นที่ 1 : การสังเกตและการวัด เช่น การสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ การบรรยายการสังเกตด้วยภาษาที่เหมาะสม ฯลฯ

2.2 พฤติกรรมด้านสืบเสาะหาความรู้ขั้นที่ 2 : การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เช่น การมองเห็นปัญหาต่าง ๆ การตั้งสมมติฐาน

2.3 พฤติกรรมด้านสืบเสาะหาความรู้ขั้นที่ 3 : การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป เช่น การจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การบันทึกข้อมูล ฯลฯ

2.4 พฤติกรรมด้านสืบเสาะหาความรู้ขั้นที่ 4 : การสร้างการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองทฤษฎี เช่น การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การบันทึกข้อมูล ฯลฯ

3. พฤติกรรมด้านนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความสามารถ ที่จะใช้ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งมีพฤติกรรมดังต่อไปนี้ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน สาขาอื่น ๆ และที่เกิดขึ้นนอกเหนือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. พฤติกรรมด้านเจตคติและความสนใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ทางด้านความรู้สึกและอารมณ์ ซึ่งมีขอบเขตกว้างขวางรวมทั้งความสนใจและเจตคติ ซึ่งมีรายละเอียดครอบคลุมพฤติกรรมดังต่อไปนี้ เช่น การมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ การยอมรับการสืบเสาะหาความรู้ทางการสอนวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางของการคิด การเกิดมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5. พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถที่จะใช้เครื่องมือปฏิบัติ ซึ่งมีพฤติกรรมดังต่อไปนี้ คือการพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่วไป การใช้เทคนิคปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังและให้เกิดความปลอดภัย

ในทางปฏิบัติ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น จะจำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์หรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน (ประทุม อัตช. 2535 : 34, ประวิตร ชูศิลป์. 2524 : 21 –23) คือ

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบกับหรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม

3. ด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญในการคิดและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดทางสมอง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) เป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534 : 15) ได้ให้ความหมายว่า เป็นพฤติกรรมของความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ รวบรวมได้ 13 ทักษะ และระบุความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะเหล่านั้นไว้ดังนี้

1. การสังเกต (observation) คือ สามารถในการบรรยายสิ่งที่สังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส

1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

1.2 บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ

1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. การวัด (measurement) คือ ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือวัด บอกเหตุผลและวิธีการวัดได้

2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3 บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนักและอื่น ๆ ได้ถูกต้อง

2.5 ระบุนิยามตัวเลขที่ได้จากวัดได้

3. การจำแนกประเภท (classification) คือ ความสามารถในการจัดกลุ่ม แบ่งพวก โดยใช้เกณฑ์ต่าง ๆ ได้

3.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

3.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

3.3 บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

✓ 4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา (space/space relationship and space/time relationship) คือ ความสามารถในการชี้บ่ง บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้

4.1 ชี้บ่งรูป 2 มิติ จากวัตถุ หรือ รูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้

4.2 วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุ หรือ รูป 3 มิติ

4.3 บอกชื่อของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้

4.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ

4.4.1 ระบुरुป 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ

4.4.2 เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุสามารถบอกรูปทรงวัตถุ (3 มิติ) ที่เห็นต้น

กำเนิดเงา

4.4.3 เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่จะเกิดขึ้น

4.4.4 บอกรูปของรอยตัด(2 มิติ)ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ)ออกเป็น 2 ส่วน

4.5 บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุหนึ่งได้

4.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือที่ใดของอีกวัตถุหนึ่งได้

4.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

4.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

4.9 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

✓ 5. การคำนวณ (using numbers) คือ ความสามารถในการนับคิดคำนวณได้

5.1 การนับ ได้แก่

5.1.1 นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง

5.1.2 ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้

5.1.3 ตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

5.1.4 ตัดสินว่ากลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

5.2 การคำนวณ (บวก ลบ คูณ หาร) ได้แก่

5.2.1 บอกวิธีคำนวณได้

5.2.2 คิดคำนวณได้ถูกต้อง

5.2.3 แสดงวิธีคิดคำนวณได้

5.3 การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

5.3.1 บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย

5.3.2 หาค่าเฉลี่ย

5.3.3 แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (organization data and communication) คือ ความสามารถในการเลือกรูปแบบเสนอข้อมูล การเปลี่ยนแปลงข้อมูล บรรยายลักษณะ และความหมายของข้อมูลได้

6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้

6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสมกระทำจัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6.6 บรรยายหรือเขียนแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

✓ 7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring) คือ ความสามารถในการอธิบายสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

✓ 8. การพยากรณ์ (prediction) คือ ความสามารถในการทำนายผล

8.1 การพยากรณ์ทั่วไป

8.1.1 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

8.2 การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ

8.2.1 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

8.2.2 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. การตั้งสมมติฐาน (formulation hypothesis) คือ ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบไว้ล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิม

10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) คือ ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variables) คือ ความสามารถในการชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

12. การทดลอง (experimenting) คือ ความสามารถในการออกแบบรับรู้ และสรุปผลการทดลองได้

12.1 ออกแบบทดลอง

12.1.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

12.1.2 ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้

12.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

12.3 บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

✓ 13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) คือ ความสามารถในการแปลความหมาย และบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรได้

13.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและคุณสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

13.2 บอกความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอยู่ในข้อมูล

จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยวัดผลจากคะแนนการตอบแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามจุดประสงค์ที่ผู้วิจัยกำหนดเนื้อหาที่ใช้คือ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย โดยวัดผลการเรียนรู้ในพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4 ทักษะ ดังนี้ ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการคำนวณ ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล และทักษะตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

3. ความรู้ในเรื่องสารละลาย

เมื่อพิจารณาสิ่งของที่อยู่รอบตัวเรา พบว่าประกอบด้วยสารเป็นจำนวนมากซึ่งปรากฏอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส และมีสมบัติบางประการ เช่น สี ลักษณะของเนื้อสาร แตกต่างกัน สมบัติของสารเหล่านี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบของสาร ผู้วิจัยได้แยกเนื้อหาออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้และเรื่องน่ารู้ 1 เรื่อง ได้แก่

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 สารละลาย

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การแยกสารละลาย

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 กรดและเบส

และ เรื่องน่ารู้ คือ คอลลอยด์ เป็นเนื้อหาเสริมความรู้ในบทเรียน

3.1 สารละลาย

3.1.1 ความหมายของสารละลาย

สารละลาย(Solutions) คือ สารผสมเอกพันธ์ของสารสองหรือมากกว่าสองชนิด ปริมาณของส่วนประกอบเปลี่ยนแปลงได้ แต่ก็เปลี่ยนแปลงอยู่ในขอบเขตจำกัด ส่วนประกอบของสารละลายมักเป็นสารบริสุทธิ์อาจเป็นแก๊ส ของเหลว หรือของแข็ง ส่วนประกอบที่มีปริมาณมากกว่าเรียกว่า “ตัวทำละลาย” (Solvent) ส่วนประกอบที่มีอยู่ในปริมาณน้อยกว่า เรียกว่า “ตัวถูกละลาย” (Solute) สารละลายอาจมีตัวทำละลายมากกว่าหนึ่งชนิด สารละลายที่มีส่วนประกอบเพียงสองส่วนประกอบ คือ ตัวทำละลายกับตัวถูกละลายหนึ่งชนิด เรียกว่า สารละลายทวิภาค (กฤษณา ชูติมา, 2540 : 369 – 370)

สารละลายจัดเป็นสารผสม สมบัติของสารละลายจึงไม่ต่างจากสมบัติของส่วนประกอบ ซึ่งผิดกับสารประกอบที่มีสมบัติต่างจากส่วนประกอบโดยสิ้นเชิง สารละลายของน้ำตาลยังคงให้ความหวานของน้ำตาล อากาศช่วยในการลุกไหม้เหมือนออกซิเจน แต่น้ำซึ่งเป็นสารประกอบของออกซิเจนและไฮโดรเจนมีสมบัติที่ไม่เหมือนกับแก๊สออกซิเจนและแก๊สไฮโดรเจนเลย เราอาจแยกส่วนประกอบของสารละลายออกจากกันได้โดยวิธีการ เช่น การระเหย การกลั่น การตกผลึก การแพร่ของแก๊ส เป็นต้น

ถึงแม้จะเป็นสารผสมแต่สารละลายก็มีเนื้อเดียวกันโดยตลอด มีวิฤภาคเดียวเท่านั้น ไม่มีขอบเขตทางกายภาพ แบ่งส่วนภายในระบบ มีสมบัติเหมือนกันทุกส่วน เช่น ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสง ถ้าลองชิมสารละลายน้ำตาลก็จะพบว่าหวานเท่ากันโดยตลอด อนุภาคของส่วนประกอบของสารละลายมีขนาดเล็กกว่าโมเลกุลหรือกลุ่มอะตอมเท่านั้น ซึ่งเป็นขนาดเล็กมาก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ผิดกับสารผสมโดยทั่วไปซึ่งมองเห็นสารส่วนประกอบได้ง่าย เช่น คอนกรีต เราเห็นเม็ดทราย ซีเมนต์ และก้อนหิน ถึงแม้สารผสมบางชนิดเรามองไม่เห็นสารส่วนประกอบด้วยตาเปล่าก็อาจมองดูทางกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาได้

3.1.2 ชนิดของสารละลาย

กฤษณา ชูติมา, (2540 : 369 – 422) ได้แบ่งสารละลายออกได้เป็น 3 จำพวก คือ สารละลายแก๊ส สารละลายของเหลว และสารละลายของแข็ง แต่เนื่องจากส่วนประกอบของสารละลายจะเป็นแก๊ส ของเหลว หรือของแข็งก็ได้ เราจึงมีสารละลายได้ถึง 9 ชนิดตามประเภทของตัวละลายและตัวทำละลาย แก๊สผสมทั้งหลายเป็นสารละลายทั้งสิ้น โดยถือว่าเป็นแก๊สละลายในแก๊ส แก๊สละลายในของเหลวได้สารละลาย เช่น ออกซิเจนละลายได้บ้างในน้ำทำให้สัตว์น้ำได้รับออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำด้วยความดันได้น้ำโซดา ในบางกรณี แก๊สละลายในของแข็งได้เหมือนกัน เช่น แก๊สไฮโดรเจนละลายในโลหะแพลเลเดียม ของเหลวบางอย่างละลายในของเหลวอีกอย่างหนึ่ง เป็นสารละลายที่พบเสมอเหมือนกัน เช่น น้ำส้มที่ปรุงอาหารให้มีรสเปรี้ยวมีกรดแอสซิติกละลายในน้ำ ส่วนของแข็งละลายในของเหลวจัดเป็นสารละลายชนิดธรรมดาที่สุด สำหรับสารละลายของแข็งในของแข็งเป็นที่รู้จักกันดีในสภาพโลหะเจือ ซึ่งเรานำมาทำของใช้ต่างๆ เช่น ทองเหลืองเป็นสารละลายของสังกะสีในทองแดง

สารละลายที่ใช้มากในทางเคมี ได้แก่ สารละลายที่มีของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สละลายในของเหลว หรืออีกนัยหนึ่งเป็นจำพวกสารละลายของเหลว

ตาราง 1 ตัวอย่างสารละลายบางชนิดในสถานะต่าง ๆ

สารละลาย	ตัวละลาย	ตัวทำละลาย	ตัวอย่าง
แก๊ส	แก๊ส	แก๊ส	อากาศ แก๊สผสมต่าง ๆ
	ของเหลว	แก๊ส	น้ำในอากาศ
	ของแข็ง	แก๊ส	ไอโอดีนในอากาศ
ของเหลว	แก๊ส	ของเหลว	คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ
	ของเหลว	ของเหลว	เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำ
	ของแข็ง	ของเหลว	เกลือในน้ำ
ของแข็ง	แก๊ส	ของแข็ง	ไฮโดรเจนในแพลเลเดียม
	ของเหลว	ของแข็ง	ปรอทในสังกะสี
	ของแข็ง	ของแข็ง	โลหะเจือเงินกับทอง

ที่มา : กฤษณา ชูติมา. (2540) หลักเคมีทั่วไป. : 371.

3.1.2.1 สารละลายของแก๊สในแก๊ส

เมื่อเอาแก๊สสองชนิดหรือมากกว่าสองชนิดผสมกัน มันกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกันได้ทุกส่วน ถ้าหากแก๊สเหล่านั้นไม่ทำปฏิกิริยาเคมีต่อกัน แก๊สผสมที่ได้จัดว่าเป็นสารละลายของแก๊สในแก๊สทั้งสิ้น แก๊สที่เป็นส่วนประกอบของสารละลายแก๊สหรือแก๊สผสมต่างก็ปฏิบัติตนเป็นอิสระจากกัน เป็นต้นว่าต่างมีความดันเป็นของตนเอง ซึ่งรวมกันแล้วเป็นความดันรวมของแก๊สผสม หรือมีการละลายน้ำได้มากน้อยเป็นสมบัติเฉพาะตัว

การแยกแก๊สส่วนประกอบออกจากสารละลายแก๊สอาจกระทำได้ด้วยวิธีดังนี้

1. การแพร่ อาศัยกฎของแอมว่ด้วยการแพร่ของแก๊ส เราสามารถแยกแก๊สที่มีมวลต่างกันออกจากกันเนื่องจากอัตราของการแพร่ของแก๊สดังกล่าวแตกต่างกัน วิธีนี้นำไปใช้ในการแยกไอโซโทปของยูเรเนียม

2. การทำให้เป็นของเหลว แก๊สแต่ละชนิดเมื่อเป็นของเหลวแล้วมีจุดเดือดไม่เท่ากัน เมื่อเราเอาแก๊สผสมที่กลายเป็นของเหลวมาทำการกลั่นแยกลำดับส่วน จะได้แก๊สแต่ละชนิดแยกออกมา ตัวอย่างในเรื่องนี้ ได้แก่ การแยกออกซิเจนและไนโตรเจนจากอากาศเหลว

3. การละลายได้ในของเหลว การแยกแก๊สผสมโดยวิธีนี้อาศัยว่าแก๊สแต่ละชนิดมีปริมาณการละลายได้ในของเหลวชนิดเดียวกันไม่เท่ากัน เช่น ออกซิเจนกับไนโตรเจนละลายน้ำได้มากน้อยไม่เท่ากันแก๊สผสมที่ละลายจึงมีส่วนผสมผิดจากแก๊สผสมก่อนการละลาย

4. วิธีการเคมี วิธีนี้ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีแยกแก๊สอย่างหนึ่งอย่างใดออกไปจากแก๊สผสม เช่น แยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากแก๊สอื่นโดยให้แก๊สผสมผ่านลงไปนในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ หรือแยกแก๊สไนตริกออกไซด์จากแก๊สผสมด้วยสารละลาย

ไอเอน(II) ซัลเฟต แก๊สที่แยกออกมาด้วยปฏิกิริยาเคมีบางครั้งก็อาจกลับคืนมาอย่างเดิมได้ แต่ส่วนใหญ่มักเอาแก๊สนั้นคืนไม่ได้เพราะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นสารอื่นไปเสียแล้ว เช่น การแยกออกซิเจนด้วยสารละลายแอลคาไลน์ไฮโดรอกไซด์ เราไม่สามารถเอาออกซิเจนกลับออกมาจากสารละลายแอลคาไลน์ไฮโดรอกไซด์นั้นได้

3.1.2.2 สารละลายของของเหลวและของแข็งในแก๊ส

ตัวอย่างที่อาจนำมากล่าวสำหรับสารละลายของของเหลวในแก๊ส ได้แก่ ไอน้ำในอากาศ และสำหรับสารละลายของของแข็งในแก๊ส ได้แก่ ไอโอดีนในอากาศ อย่างไรก็ตามสารละลายประเภทนี้ค่อนข้างคลุมเครือเพราะทั้งน้ำและไอโอดีนต่างก็ระเหยและระเหิดก่อน แล้วโมเลกุลไอจึงรวมเข้ากับโมเลกุลอากาศเป็นสารละลาย

3.1.2.3 สารละลายของแก๊สของเหลวในของแข็ง

เราทราบกันดีว่าของแข็งบางชนิดสามารถรับเอาแก๊สเข้าไปในตัวมันได้ เช่น โลหะแพลเลเดียมกับไฮโดรเจน ถ้าหากสามารถดูดแก๊สไว้ได้หลายชนิด วิธีการที่แก๊สรวมกับของแข็งบางที่ไม่ได้ตรงกับความสามารถของสารละลายนัก ส่วนใหญ่มักเป็นเรื่องของการดูดติดไว้ที่ผิว อย่างไรก็ตาม ที่รวมกันเป็นสารละลายโดยแท้ก็มี อย่างเช่น แก๊สไฮโดรเจนละลายในทองแดง ซึ่งอุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นไฮโดรเจนยิ่งละลายได้มากขึ้น จนถึงจุดหลอมเหลวของทองแดงไฮโดรเจนละลายได้ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรในทองแดง 100 กรัม ไฮโดรเจนละลายในนิกเกิลได้เหมือนกัน ที่ 820 องศาเซลเซียส ไฮโดรเจนละลายได้ถึง 8.16 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในนิกเกิล 100 กรัม

ส่วนสารละลายของของเหลวในของแข็ง ตัวอย่างได้แก่ปรอทละลายในสังกะสีหรือปรอทละลายในทองแดง เป็นต้น สารละลายประเภทนี้ไม่มีใครแพร่หลาย

3.1.2.4 สารละลายของของแข็งในของแข็ง

สารละลายของของแข็งในของแข็งส่วนมาก ได้แก่ โลหะเจือ อาจเกิดขึ้นโดยอะตอมตัวละลายเข้าไปแทนที่อะตอมตัวทำละลายในแลตทิซผลึกของตัวทำละลาย ในกรณีเช่นนี้ขนาดของอะตอมตัวละลายกับอะตอมตัวทำละลายต้องใกล้เคียงกันจึงแทนที่กันได้ และทำให้แลตทิซผลึกเสถียรด้วย ถ้าอะตอมตัวละลายใหญ่เกินไปจะทำให้แลตทิซผลึกของตัวทำละลายต้องยืดขยายออก เพื่อให้ที่ทางแก่อะตอมตัวละลายเข้าไปแทนอะตอมเดิม แต่ถ้าอะตอมตัวละลายเล็กเกินไปก็อาจทำให้รูปร่างแลตทิซเบี้ยวได้ โดยทั่วไปแล้วจะเกิดสารละลายของแข็งได้เมื่ออะตอมมีรัศมีต่างกันไม่เกิน 15 % นอกจากนั้น สารละลายของแข็งแบบนี้จะเสถียรดียิ่งขึ้นถ้าหากทั้งตัวละลายและตัวทำละลายมีแลตทิซผลึกแบบเดียวกัน ทองผสมกับเงินรวมกันเป็นสารละลายได้ดี เนื่องจากโลหะทั้งสองมีแลตทิซเป็นแบบลูกบาศก์กลางหน้าเหมือนกันและขนาดรัศมีอะตอมเกือบเท่ากัน แต่โมลิบดีนัมละลายในเงินไม่ค่อยดีนักทั้งที่ขนาดรัศมีอะตอมใกล้เคียงกัน แลตทิซของโมลิบดีนัมและของเงินแตกต่างกันโดยที่แลตทิซของโมลิบดีนัมเป็นแบบลูกบาศก์กลางตัว นอกจากขนาดของอะตอมและชนิดของแลตทิซผลึกแล้ว สารละลายของแข็งเกิดขึ้นได้ดีเมื่อธาตุทั้งสองชนิดมีสภาพไฟฟ้าลบพลังงานการแตกตัวเป็นไอออนและเวเลนซ์ใกล้เคียงกัน

โลหะที่เป็นสารละลายของแข็ง มีทั้งชนิดสารละลายของแข็งแบบแทนที่ดังที่กล่าวข้างต้น กับชนิดสารละลายของแข็งแบบแทรกซึ่งเกิดจากตัวละลายที่มีอะตอมขนาดเล็กเข้าไปแทรกในช่องว่างระหว่างอะตอมขนาดใหญ่ของตัวทำละลาย เช่น คาร์บอนในเหล็กให้สารละลายของแข็งแบบแทรกชนิดหนึ่ง

3.1.2.5 สารละลายของแก๊สในของเหลว

แก๊สละลายได้ในของเหลว เช่น น้ำ สัตว์น้ำมีชีวิตอยู่ได้ด้วยออกซิเจนที่ละลายในน้ำ น้ำอัดลมเป็นเครื่องดื่มที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ ปริมาณการละลายของแก๊สมีค่ามากน้อยต่างกันตามชนิดของแก๊ส เช่น ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน น้ำ 1 ลิตรละลายในโตรเจนได้ 1.05×10^{-3} โมล ออกซิเจน 2.2×10^{-3} โมล และไฮโดรเจน 9.6×10^{-4} โมล

โมเลกุล ในโตรเจน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ที่ละลายในน้ำยังคงเป็นโมเลกุลที่เหมือนกับอยู่ในแก๊ส เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น โมเลกุลแก๊สเหล่านี้แพร่ไปในน้ำโดยเกิดแรงแวนเดอร์วาลส์กับโมเลกุลน้ำ แต่แก๊สบางชนิดเมื่อละลายในน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น แก๊ส HCl รวมกับน้ำ ให้ H_3O^+ (ไฮโดรเจนไอออนที่ถูกไฮเดรตหรือไฮโดรเนียมไอออน) กับ Cl^- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำโดยกรรมวิธีทั้งสองอย่างคือทั้งแพร่ไปในน้ำ และทำปฏิกิริยากับน้ำให้กรดคาร์บอนิก แก๊สที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเมื่อละลายน้ำสามารถละลายได้มาก

ปริมาณการละลายของแก๊สในของเหลวนอกจากขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊ส ยังแล้วแต่อุณหภูมิและความดันอีกด้วย แก๊สละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ละลายได้มากขึ้นถ้าเพิ่มความดัน

3.1.2.6 สารละลายของของเหลวในของเหลว

ถ้าผสมของเหลวสองชนิดไม่ว่าจะใช้องค์ประกอบเท่าไรแล้วได้สารละลายเอกพันธ์ เรากล่าวว่าของเหลวทั้งสอง “ปนกันอย่างสมบูรณ์” เช่น เอทิลแอลกอฮอล์กับน้ำ ของเหลวบางอย่างแยกกันอย่างเด็ดขาด ไม่รวมกันเลยแม้แต่น้อย เช่น น้ำกับน้ำมัน “ปนกันไม่ได้” เช่น โปรทกับน้ำ น้ำมันกับน้ำ

การปนกันได้หรือไม่ได้ระหว่างของเหลวคู่หนึ่งคู่ใดมีเหตุเนื่องมาจากโครงสร้างโมเลกุล ถ้าโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกัน และชนิดของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลคล้ายกัน ของเหลวทั้งสองปนกันได้ดี ของเหลวที่ไม่มีโมเลกุลเป็นโมเลกุลมีขั้วจะละลายได้ดีในของเหลวที่มีโมเลกุลเป็นโมเลกุลมีขั้วเหมือนกัน เอทิลแอลกอฮอล์เป็นสารมีขั้วจึงสามารถละลายได้ในน้ำซึ่งอยู่ในสภาพมีขั้วสูง ทั้งสองอย่างปนกันได้เป็นอย่างดี ของเหลวที่มีโมเลกุลเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วจะละลายได้ในของเหลวชนิดไม่มีขั้วเหมือนกัน เบนซีนซึ่งเป็นของเหลวไม่มีขั้วจึงละลายหรือรวมกันได้ดีกับคาร์บอนเตตระคลอไรด์ซึ่งเป็นของเหลวไม่มีขั้ว ถ้าเป็นของเหลวต่างพวก กล่าวคือชนิดมีขั้วกับชนิดไม่มีขั้วจะไม่ปนเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำมันกับน้ำ น้ำเป็นสารมีขั้วแต่น้ำมันกับน้ำเป็นสารไม่มีขั้ว น้ำรวมกับโปรทไม่ได้เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคภายในเป็นคนละชนิด น้ำมีแรงดึงดูดภายในระหว่างโมเลกุลเป็นแรงไดโพล-ไดโพล และพันธะไฮโดรเจนส่วนโปรทมีแรงดึงดูดชนิดพันธะโลหะแรงดึงดูดภายในระหว่างพวกเดียวกันเองมีมาก แรงดึงดูดระหว่างน้ำกับโปรทจึงไม่มีค่าเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดึงดูดภายในน้ำและภายในโปรท

ของเหลวบางชนิด “ปนกันได้บางส่วน” ทั้งนี้หมายความว่าปริมาณการละลายมีขอบเขตจำกัด สมมุติให้ A และ B เป็นของเหลวสองชนิดที่จัดอยู่ในประเภทดังกล่าวนี้ เราทำสารละลายของ A ใน B โดยนำ B มาจำนวนหนึ่ง เติม A ลงไปแต่น้อยแล้วเพิ่มขึ้น ทีแรกมันจะปนกันได้ดีเป็นสารละลายเอกพันธ์ จนถึงขีดหนึ่งซึ่ง A ละลายได้มากเติมที่ใน B จำนวนเท่าที่มีอยู่ ต่อจากนั้นถ้าเติม A ลงไปอีก เราจะเห็นว่าสารละลายแยกเป็นสองชั้น อีกชั้นหนึ่งที่แยกออกนั้นไม่ใช่ A บริสุทธิ์ เพราะว่า B ละลายใน A ได้บ้างเหมือนกัน ดังนั้นชั้นของเหลวทั้งสองจึงเป็นสารละลายอิมัตวของ A ใน B ชั้นหนึ่ง และสารละลายอิมัตวของ B ใน A อีกชั้นหนึ่ง ถ้าอุณหภูมิคงตัว องค์ประกอบของชั้นของเหลวทั้งสองชั้นจะคงตัวอยู่เรื่อยไป ถ้าหากเติม A ต่อไปอีก ปริมาตรของชั้นของเหลวทั้งสองชั้นจะเปลี่ยนต่อไป กล่าวคือ ชั้นของสารละลาย B ใน A ขยายใหญ่ขึ้น ส่วน

ชั้นสารละลาย A ใน B เล็กลง จนในที่สุดชั้นหมดไปเมื่อ A มีมากกว่า B ถึงขีดหนึ่ง สารละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกันอีก ขีดแบ่งของเหลวหายไป สุดท้ายนี้เราได้สารละลายของ B ใน A สรุปว่าถ้าเราผสมของเหลวสองชนิดซึ่งปนกันได้บางส่วนเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เกินขอบเขตสภาพละลายได้ของมันจะได้สารละลายสองชั้น แต่ละชั้นเป็นสารละลายอิ่มตัวของของเหลวอย่างหนึ่งในอีกอย่างหนึ่ง

การแยกของเหลวต่างชนิดในสารละลายเอกพันธุ์ออกจากกัน ใช้วิธีการแยกลำดับส่วน

3.1.2.7 สารละลายของของแข็งในของเหลว

สารละลายประเภทนี้เป็นประเภทที่เราคุ้นเคยมากที่สุด และนับว่าสำคัญมากที่สุด ในกรณีนี้ตัวทำละลายเป็นของเหลว ซึ่งสารละลายส่วนมากมีน้ำเป็นตัวทำละลาย สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายเรียกว่า สารละลายน้ำ น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี เพราะเป็นสารที่มีขั้ว สามารถละลายสารไอออนิกและสารมีขั้วได้ทั้งสิ้น ของแข็งไม่มีขั้วจะไม่ละลายในน้ำ แต่ละละลายในของเหลวที่เป็นสารไม่มีขั้วประเภทเดียวกัน เช่น แนพทาไลน์ หรือที่เรียกถูกเหมือนกันแมลง ไม่ละลายในน้ำแต่ละละลายในน้ำมันก๊าด

3.2 การแยกสาร

ในการแยกสารเป็นเทคนิคที่สำคัญ เพราะโดยธรรมชาติ สารต่าง ๆ จะอยู่ในลักษณะของของผสม ดังนั้น ถ้าต้องการศึกษาสารใดต้องแยกสารนั้นออกจากส่วนผสมให้เป็นสารบริสุทธิ์ เทคนิคที่ใช้ในการแยกมีหลายแบบ ศติเกษม ทองรงค์, พรรณี เดชกำแหง. (2524 : 28 -35) ได้แบ่งการแยกสารขึ้นอยู่กับชนิดของของผสมและขนาดอนุภาคของสารที่มาผสมกันนั้นวิธีที่ใช้มีดังนี้

3.2.1. วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

3.2.1.1 ใช้วิธีหีบ ถ้ำของแข็งก้อนโตพอและมีลักษณะต่างกัน

3.2.1.2 ใช้แม่เหล็กดูด เช่น เหล็กผสมกำมะถัน ใช้แม่เหล็กดูดเหล็กออก

3.2.1.3 ใช้ตัวทำละลาย เช่น ดินปืนเป็นของผสมถ่าน กำมะถันและดินประสิว ใช้น้ำละลายดินประสิวออก แล้วใช้คาร์บอนไดออกไซด์ละลายกำมะถันออก ก็จะเหลือถ่านเพียงอย่างเดียว

3.2.1.4 โดยการหลอมเหลว อาศัยความแตกต่างของจุดหลอมเหลวของสารต่าง ๆ ที่ปนกันอยู่นั้น เช่น ทราบกับตะกั่ว เมื่อหลอม ตะกั่วจะหลอมเหลวก่อนโดยทราบยังไม่ทันหลอมเหลว แล้วรินเอาตะกั่วเหลวออก

3.2.1.5 โดยการระเหิด โดยเอามาทำให้ร้อน สารบางอย่าง เช่น ไอโอดีน การบูร ลูกเหม็น (แนพทาไลน์) กลีอัมโมเนียม เป็นต้น มีสมบัติระเหิดได้

3.2.1.6 โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น ผงแกรนิต(Granite) มีสารสามชนิดผสมอยู่ด้วยกัน คือ เฟลสปาร์ (Felspar) ซึ่งมีความหนาแน่น 2.57 ไมคา (Mica) มีความหนาแน่น 2.85 และควอทซ์ (Quartz) ซึ่งมีความหนาแน่น 2.65 ถ้าต้องการแยกผงแกรนิต ก็นำมาปั่นให้ละเอียดแล้วเติมของผสมของเบนซีนและเมธิลีนไอโอดีน (Methylene iodide) ลงไป โดยให้ของผสมนี้มีความหนาแน่น 2.6 เฟลสปาร์จะลอยขึ้นแล้วช้อนออก

3.2.1.7 โดยอาศัยความตึงผิว (Surface tension) ของผสมของ สังกะสีซัลไฟด์(Zinc blende) กับทราย ถ้านำไปโปรยบนผิวน้ำ ทรายจะเปียกน้ำแล้วจม แต่สังกะสีซัลไฟด์ไม่เปียก จะยังคงลอยอยู่ ถึงแม้ว่าสังกะสีซัลไฟด์จะหนักกว่าน้ำก็ตาม ดังนั้น จึงแยกสังกะสีซัลไฟด์ออกจากทรายได้ วิธีการนี้อาจใช้สำหรับแยกสินแร่ต่าง ๆ ได้ เช่น แยก สังกะสีซัลไฟด์จากกาสิ่น (Pbs) นำสินแร่นี้มาปั่นให้ละเอียด แล้วผสม

ลงในน้ำและน้ำมันยูคาลิปตัสเล็กน้อย กวนให้เข้ากันโดยใช้อากาศพ่นลงไป ซึ่งเซลล์จะลอยอยู่ส่วนบน ส่วนกาลีน่าจะจม

3.2.1.8 โดยการตกผลึกตามลำดับส่วน (Fractional crystallization) นิยมใช้กันมากในการแยกสารที่เป็นของแข็งและมีจุดเดือดสูง เป็นเทคนิคการแยกที่อาศัยคุณสมบัติเกี่ยวกับการละลายของสาร (Solubility) ซึ่งสารแต่ละชนิดจะละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน วิธีการก็โดยการนำสารมาละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสมให้หมด แล้วนำสารละลายนั้นไปไล่ตัวทำละลายออกเพื่อทำให้ความเข้มข้นของตัวทำละลายเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีปริมาณมากพอและตกผลึกออกมา เช่น มีสาร 3 อย่าง คือ หินปูน เกลือแกง และดินประสิว นำมาแยกโดยการละลายน้ำ หินปูนไม่ละลายน้ำ นำสารที่ได้ไปกรองจะได้หินปูน สารที่เหลือก็จะมีเกลือแกง และดินประสิวซึ่งนำไปไล่น้ำออกด้วยความร้อน เกลือแกงและดินประสิวจะตกผลึกออกมาเพราะสารทั้ง 2 มีความสามารถในการละลายในน้ำต่างกัน

3.2.2 วิธีแยกของแข็งปนของเหลว มีดังนี้

3.2.2.1 ตั้งทิ้งไว้ให้ของแข็งตกตะกอนนอนกัน แล้วรินเอาของเหลวออก

3.2.2.2 โดยการกรอง ถ้าของแข็งไม่ละลายในของเหลว

3.2.2.3 ถ้าของแข็งละลายในของเหลว แยกได้โดยการกลั่น

3.2.2.4 โดยใช้เครื่องเหวี่ยง (Centrifugal apparatus) หมุนให้เหวี่ยงแรง ๆ ตะกอนจะนอนกันหมด รินเอาน้ำใส ๆ ออก

3.2.2.5 การแยกโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction) ใช้แยกสารที่ต้องการออกจากกัน โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งสามารถละลายสารหนึ่งแต่ไม่ละลายสารอื่นซึ่งเป็นองค์ประกอบ และจะต้องไม่ผสมกับสารละลายเดิม เช่น ต้องการแยกไขมันออกจากน้ำมัน ทำได้โดยใช้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ละลายไขมัน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ละลายไขมันได้ดี และแยกตัวเป็นชั้นอยู่ข้างล่างเพราะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ นำไปใส่ในกรวยแยกเพื่อแยกเองคาร์บอนเตตระคลอไรด์และไขมันออกมา ตั้งทิ้งไว้ให้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ระเหยออกไปก็จะเหลือแต่ไขมัน

3.2.3 วิธีแยกของแข็งในแก๊ส แยกโดยใช้ความร้อน แก๊สจะระเหยหนีไป

3.2.4 วิธีแยกของเหลวปนของเหลว

3.2.4.1 ถ้าไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แยกออกจากกันโดยใช้กรวยแยก (Separating funnel) เช่น น้ำปนกับน้ำมัน น้ำมันเบาจะลอยอยู่ข้างบน เมื่อเปิดก๊อกของกรวยแยกออก น้ำซึ่งอยู่ตอนล่างจะไหลออกมาก่อน พอระดับน้ำลดลงมาถึงที่ปิดก๊อกก็ให้ปิดก๊อกทันที ที่เหลือในกรวยแยก คือ น้ำมัน

3.2.4.2 ถ้าเป็นของเหลวซึ่งปนเป็นเนื้อเดียวกันแต่มีขีดเดือดต่างกันมากแยกโดยใช้การกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation)

3.2.4.3 ถ้าของเหลวไม่ปนเป็นเนื้อเดียวกัน แต่เป็นอิมัลชัน (Emulsion) คือเป็นของผสมของของเหลวหยดเล็ก ๆ ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง อาจแยกโดยใช้ของเหลวซึ่งสามารถละลายของเหลวชนิดหนึ่งในของผสมนั้น แล้วจึงแยกด้วยกรวยแยก เช่น น้ำมันโอลีฟกับน้ำ เติมน้ำเกลือลงไป อีเทอร์จะละลายน้ำมันโอลีฟออก แล้วแยกตัวออกเป็นชั้นกับน้ำ แยกออกจากกันโดยใช้กรวยแยกนำของผสมของอีเทอร์และน้ำมันโอลีฟไปทำให้ร้อน อีเทอร์จะระเหยไปเหลือแต่น้ำมัน

3.2.5 วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส

3.2.5.1 โดยวิธีทำให้ร้อน เช่น น้ำโซดา (น้ำ + คาร์บอนไดออกไซด์) เมื่อนำมาต้ม คาร์บอนไดออกไซด์จะระเหยไปเหลือแต่น้ำ

3.2.5.2 โดยการลดความดัน เช่น น้ำโซดา ถ้าลดความดันโดยการเปิดจุกขวดออก คาร์บอนไดออกไซด์จะกลายเป็นแก๊สระเหยหนีไป

3.2.6 วิธีแยกแก๊สปนแก๊ส

3.2.6.1 โดยวิธีการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง จนแก๊สชนิดหนึ่งกลายเป็นของเหลวไป ส่วนแก๊สอีกชนิดหนึ่งยังคงมีสถานะเป็นแก๊สอยู่ ทั้งนี้เพราะแก๊สทั้งสองมีขีดเป็นของเหลวต่างกัน

3.2.6.2 โดยวิธีใช้สารบางอย่างดูดแก๊สออก เช่น แก๊สไนโตรเจนผสมกับออกซิเจน ก็ผ่านแก๊สผสมลงไปในสารละลายที่เป็นด่างของไพโรกัลลอล(Alkaline pyrogallol) ซึ่งจะดูดเอา ออกซิเจนออก ก็จะเหลือไนโตรเจนวิธีที่จะแยกเอา ออกซิเจนออกมาก็โดยใช้ความร้อน

3.2.6.3 โดยการแพร่ของแก๊ส (Diffusion) แก๊สแต่ละชนิดสามารถแพร่ผ่านภาชนะที่มีรูพรุนเล็ก ๆ ได้ต่างกันเนื่องจากมีน้ำหนักไม่เท่ากัน แก๊สที่มีน้ำหนักมากจะแพร่ได้ช้ากว่าแก๊สที่มีน้ำหนักเบา น้ำแก๊สผสมให้แพร่ผ่านรูพรุนหลาย ๆ ครั้งก็สามารถแยกแก๊สออกจากกันได้

3.2.7 วิธีแยกของแข็งปนของเหลวปนแก๊ส

ใช้วิธีแยกสารออกจากกันทีละส่วน ๆ เป็นชั้น ๆ ไปโดยอาศัยหลักต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เช่น โดยวิธีกลั่น วิธีกรอง เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีเทคนิคอื่น ๆ ที่ใช้แยกของผสมชนิดต่าง ๆ กันได้หลายชนิด และนิยมใช้กันแพร่หลายคือ วิธีโครมาโทกราฟี (Chromatography) และวิธีแลกเปลี่ยนไอออน(Ion exchanger) ซึ่งมีวิธีการ ดังนี้

วิธีโครมาโทกราฟี(Chromatography) คำว่า Chromatography แปลว่า การแยกออกมาเป็นสี ๆ ทั้งนี้เนื่องจาก Tswett เป็นคนแรกที่แยกสารที่สกัดจากใบไม้ออกมาเป็นแถบสีต่าง ๆ ความจริงเทคนิคนี้ใช้แยกสารที่ไม่มีสีก็ได้ด้วย โครมาโทกราฟีเป็นวิธีที่ใช้แยกสารโดยอาศัยคุณสมบัติ adsorption ที่ต่างกันของสารแต่ละชนิด (adsorption คือการที่โมเลกุลของสารชนิดหนึ่งถูกดูดไว้ที่ผิวหน้าของสารที่เป็นของแข็งอีกชนิดหนึ่ง) วิธีการของโครมาโทกราฟีโดยการให้สารละลายของสารประกอบที่ต้องการแยกไหลผ่านสารตัวดูดซับ (adsorbent) เช่น Alumina (Al_2O_3), Silica gel, Carbon หรือ Cellulose เมื่อของผสมไหลผ่าน ตัวดูดซับ (adsorbent) จะดูดสารที่เป็นส่วนประกอบของของผสมนั้น ทำให้สารแยกออกจากกันได้ วิธีโครมาโทกราฟี (chromatography) ที่ควรรู้จักในเบื้องต้น ได้แก่

1. คอลัมน์โครมาโทกราฟี (Column chromatography)
2. โครมาโทกราฟีกระดาษ (Paper chromatography)

คอลัมน์โครมาโทกราฟีและ โครมาโทกราฟีกระดาษ (Column และ Paper chromatography) ใช้แยกของผสมที่เป็นสารมีขั้ว (polar) และมีปริมาณของสารจำนวนน้อย โดยการให้สารที่จะแยกไหลผ่านผงตัวดูดซับ (adsorbent) ในคอลัมน์หรือผ่านกระดาษกรอง ซึ่งสารต่าง ๆ จะมีความสามารถซึมผ่านต่างกัน วิธีนี้ใช้แยกสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น กรดไขมัน กรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรต สเตอรอยด์ เป็นต้น

การแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษ (Column chromatography)

1. นำสารตัวดูดซับ (adsorbent) มาบดให้ละเอียด เพื่อให้ผิวหน้าที่สามารถดูดซับ (adsorb) ได้มากที่สุด แล้วบรรจุอัดลงในหลอดแก้วยาว ๆ (Column) ซึ่งอุดปลายด้วยสำลีหรือใยแก้วเล็กน้อย
2. นำสารที่ต้องการแยกมาละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม แล้วเทลงในคอลัมน์ (column) ผ่านตัวดูดซับ (adsorbent) ซึ่งจะดูดซับที่เป็นองค์ประกอบของของผสมนั้นไว้
3. เทตัวทำละลายไปบนตัวดูดซับซ้ำอีก เพื่อตัวทำละลายจะละลายสารที่จะแยกและพาสารนั้นลงไปตามตัวดูดซับเนื่องจากตัวดูดซับ มีความสามารถในการดูดซับต่าง ๆ กัน ทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบของของผสมแยกออกจากกันได้

การแยกสารละลายโดยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษ (Paper chromatography)

นำสารผสมที่ต้องการแยกมาละลายในตัวทำละลายอย่างหนึ่ง แล้วนำมาแต้มจุด (spot) ลงบนกระดาษกรอง พอแห้งแล้วนำกระดาษนี้ไปจุ่มลงในตัวทำละลายโดยให้ด้านปลายจุ่มลงไป ตัวทำละลายจะซึมผ่านจุด (spot) ขณะที่ซึมผ่านนั้น ตัวทำละลายก็จะพาสารต่าง ๆ ให้เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน ดังนั้นพอทิ้งไว้สักครู่หนึ่ง สารต่าง ๆ ก็จะแยกออกจากกันได้ และสารหนึ่ง ๆ จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราคงที่ถ้าใช้ตัวทำละลายอันเดียวกัน อัตราส่วนของระยะทางที่สารนั้นเคลื่อนที่ไปต่อระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่ไป เรียกว่า R_f value ของสารนั้น

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

วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) มีเทคนิคคล้ายโครมาโทกราฟี คือ ใช้สารที่เป็นของแข็งซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับไอออนของสารที่จะแยกบรรจุในหลอดแก้วยาว แล้วรินสารที่ต้องการแยกลงไป ในหลอดนี้ ไอออนต่าง ๆ ที่อยู่ในสารที่ต้องการแยกจะมีการแลกเปลี่ยนไอออนกับสารในหลอดแก้ว สารที่ทำหน้าที่แยกไอออนที่บรรจุในหลอดนี้ เรียกว่า “สารแลกเปลี่ยนไอออน,เรซิน” (Ion exchange resin) ซึ่งมี 2 ประเภท คือ

1. ตัวแลกเปลี่ยนประจุลบ (Cation exchanger) ซึ่งจะดูดซับประจุลบ (positive ions)
2. ตัวแลกเปลี่ยนประจุบวก (Anion exchanger) ซึ่งจะดูดซับประจุบวก (negative ions)

ตัวอย่างการใช้วิธีแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) เช่น การแก้ปัญหาน้ำกระด้าง การแยกไอออนต่าง ๆ ออกจากสารละลายเกลือ เป็นต้น ถ้าสารละลายเกลือที่มี M^+ และ A^- ผ่านตัวแลกเปลี่ยนประจุลบ (Cation exchanger) M^+ แลกไอออนกับ H^+ สารละลายเกลือก็จะมี H^+ และ A^- ถ้านำไปผ่านตัวแลกเปลี่ยนประจุบวก (anion exchanger) ต่อไป ก็จะมีการแลกเปลี่ยนไอออน A^- และ OH^- เนื่องจากประจุบวกเท่ากับประจุลบ ดังนั้น จำนวน H^+ และ OH^- ทำให้เกิดการสะเทินขึ้น

ในการนำเนื้อหาในการแยกสารสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นั้นใช้การแยกสารละลายจึงใช้การแยกสารโดยวิธีการโครมาโทกราฟี การตกผลึก การระเหย การกลั่น การกลั่นลำดับส่วน

3.3 กรดและเบส

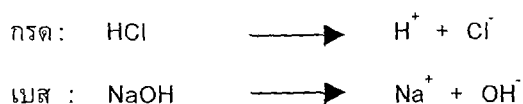
เป็นที่ทราบกันแล้วว่าสารบางอย่างเมื่อละลายน้ำหรืออยู่ในสภาพหลอมเหลว จะนำไฟฟ้าได้และในขณะที่กระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีด้วย การนำไฟฟ้าของสารละลายลักษณะนี้เรียกว่า การนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กโทรไลต์ (electrolytic conduction) สารที่มีสมบัติดังกล่าวเรียกว่า “อิเล็กโทรไลต์” (electrolyte) ตัวอย่างเช่น สารละลายของเกลือแกง(NaCl) , กรดไฮโดรคลอริก(HCl) เป็นต้น การที่สารละลายเหล่านี้นำไฟฟ้าได้เนื่องจากโมเลกุลประกอบด้วยไอออน และการละลายน้ำหรือหลอมเหลวจะทำให้เกิดการแตกตัวออกเป็นไอออนอิสระ ซึ่งจะเคลื่อนย้ายไปยังอิเล็กโทรดที่มีประจุตรงข้าม นั่นคือ ไอออนบวกจะเคลื่อนไปยังแคโทด และไอออนลบจะเคลื่อนไปยังแอโนด สารประกอบบางชนิด เช่น น้ำตาล ยูเรีย เมื่อละลายน้ำจะไม่นำไฟฟ้า สารพวกนี้ไม่จัดเป็นอิเล็กโทรไลต์(ทบทวนมหาวิทยาลัย. 2526 : 395)

อิเล็กโทรไลต์ที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ กรดและเบส ทั้งกรดและเบสเป็นสารเคมีที่เราพบค่อนข้างบ่อยในชีวิตประจำวัน มีการใช้ทั้งในทางอุตสาหกรรม เป็นอาหารหรือยาที่มี อย่างไรก็ตาม คำจำกัดความของกรดและเบสมีผู้ให้ไว้หลายแบบด้วยกัน

3.3.1 นิยามของกรดและเบส

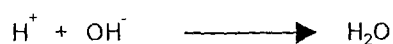
ได้มีวิวัฒนาการเกี่ยวกับนิยามของกรดและเบสตามลำดับ เริ่มจากนิยามของอาร์เรเนียส (Arrhenius Definition) ซึ่งต่อมาพบว่ามีข้อจำกัดจึงมีนิยามของบรอนสเตด-เลวรี (Bronsted-Lowry Definition) นิยามของลิวอิส (Lewis Concept) และนิยามระบบตัวทำละลาย (The Solvent System Concept) นิยามเหล่านี้ยังคงมีความถูกต้องและใช้อยู่ในปัจจุบัน การเลือกใช้นิยามใดขึ้นอยู่กับสภาวะการณที่เหมาะสมกับนิยามนั้น ๆ

ในปี ค.ศ. 1887 อาร์เรเนียส ได้เสนอนิยามของกรดและเบสไว้ว่า กรดคือสารซึ่งเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวให้ H^+ เบส คือสารซึ่งเมื่อละลายน้ำแล้วจะแตกตัวให้ OH^- ตัวอย่างเช่น



ความแรง (strength) ของกรดและเบสขึ้นอยู่กับความสามารถในการแตกตัวให้ H^+ และ OH^- ตามลำดับ

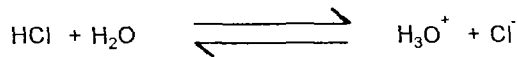
ปฏิกิริยาสะเทิน (neutralization) ของกรดและเบสจะเป็นปฏิกิริยาระหว่าง H^+ และ OH^- เกิดเป็นน้ำดังสมการ



นิยามของอาร์เรเนียสมีข้อจำกัดหลายประการ ที่สำคัญก็คือสารที่เป็นกรดหรือเบส จะต้องละลายในน้ำเท่านั้น ถ้าละลายในตัวทำละลายอื่นก็ไม่จัดเป็นกรดหรือเบส นอกจากนี้ สารที่ไม่มี H^+ หรือ OH^- ในโมเลกุลที่ไม่อาจจัดเป็นกรดหรือเบสได้ตามนิยามของอาร์เรเนียส แต่อาจเป็นกรดหรือเบสได้โดยทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วให้ H^+ หรือ OH^- ที่มีขึ้นมาจากการแตกตัวโดยตรง เช่น NH_3 ทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วให้ OH^- ทั้งหมดที่โมเลกุลไม่มี OH^- โซเดียมอะซิเตตละลายน้ำแล้วให้ OH^- ซึ่งเป็นเบส และแอมโมเนียมคลอไรด์ ละลายน้ำแล้วให้ H^+ ซึ่งเป็นกรด เป็นต้น

จากปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วจะเห็นว่านิยามของอาร์เรเนียส ยังไม่กว้างขวางพอ จึงต้องมีนิยามอื่น ๆ อีก ดังนิยามของอาร์เรเนียสที่ว่ากรด คือ สารที่ให้ H^+ ในน้ำ โดยที่ H^+ หรือโปรตอนนี้คือ นิวเคลียสของ

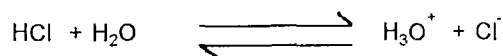
อะตอมไฮโดรเจนซึ่งมีขนาดเล็กมาก จึงมีความหนาแน่นประจุ (charge density) สูง เมื่ออยู่ในน้ำซึ่งเป็นโมเลกุลมีขั้ว (polar) ย่อมไม่เป็นโปรตอนอิสระแต่จะเป็นโปรตอนที่ถูกไฮเดรต (hydrated proton) ซึ่งมักเขียนด้วย H_3O^+ และเรียกว่าไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกโซเนียมไอออน (ในปัจจุบันเชื่อว่าไอออนนี้จะมีโมเลกุลของน้ำมาเกาะล้อมรอบเพิ่มขึ้นอีก 3 โมเลกุล เป็น H_9O_4^+ แต่เพื่อความสะดวกเราจะเขียนเพียงว่า H_3O^+ หรือ H^+ aq) ดังนั้น การแตกตัวของกรดในน้ำควรเขียนใหม่เป็น



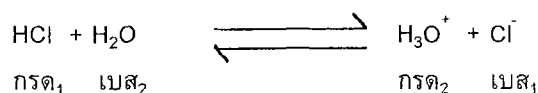
แสดงว่ากรดไม่จำเป็นต้องแตกตัวให้ H^+ แต่จะให้ H^+ กับสารอื่น

ในปี ค.ศ.1923 บรอนสเตดและเลารีจึงได้เสนอนิยามของกรดและเบสไว้ว่า กรด คือสารที่ให้โปรตอนและเบสคือสารที่รับโปรตอน ปฏิกริยาระหว่างกรดและเบสจะเป็นการเคลื่อนย้ายโปรตอนจากกรดไปยังเบส

ตัวอย่างปฏิกริยากรด-เบส ที่เกิดขึ้นเมื่อไฮโดรเจนคลอไรด์ละลายน้ำ ซึ่งเขียนได้ว่า

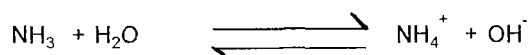


HCl จะให้ H^+ กับน้ำ และรับ H^+ จาก HCl ตามนิยามนี้ HCl จะเป็นกรด และน้ำจะเป็นเบส Cl^- ซึ่งเป็นส่วนเหลือหลังจากกรดให้ H^+ ไปแล้วอาจจะรับ H^+ จาก H_3O^+ และเกิดปฏิกริยาย้อนกลับได้ ในลักษณะนี้ Cl^- จะเป็นเบส และ H_3O^+ จะเป็นกรด ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ปฏิกริยารวมจะเป็นสภาวะสมดุลของกรดและเบส 2 คู่ อยู่คนละข้างของลูกศร ดังนี้

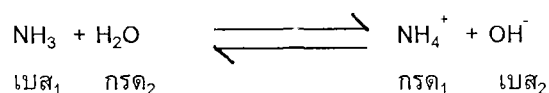


โดยมี HCl และ Cl^- เป็นคู่กรด-เบสคู่ที่ 1 และ H_3O^+ และ H_2O เป็นคู่กรด-เบสคู่ที่ 2

ถ้าเป็นปฏิกริยาที่แอมโมเนียละลายในน้ำ



น้ำจะทำหน้าที่เป็นกรดโดยให้โปรตอนกับ NH_3 ซึ่งเป็นเบส และในปฏิกริยาย้อนกับ NH_4^+ จะเป็นกรดและ OH^- จะเป็นเบส ดังนั้น ก็จะมีคู่กรด-เบสสองคู่ คือ NH_3 กับ NH_4^+ และ H_2O กับ OH^- ดังนี้



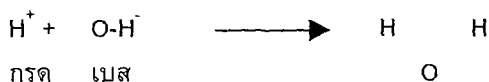
จากตัวอย่างทั้งสองดังกล่าวจะเห็นว่า H_2O อาจจะให้โปรตอนหรือรับโปรตอนก็ได้ นั่นคือ น้ำอาจจะเป็นได้ทั้งกรดและเบส สารที่สมบัติเช่นนี้ เรียกว่าแอมฟิโปรติก (amphiprotic) หรือ แอมโฟเทอริก (amphoteric)

ตามนิยามนี้ความแรงของกรดและเบสจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการให้และรับโปรตอน กรดแก่ได้แก่กรดที่ให้โปรตอนได้มาก ส่วนกรดอ่อนได้แก่กรดที่ให้โปรตอนได้น้อย เบสแก่ได้แก่เบสที่รับโปรตอนได้มากและเบสอ่อนได้แก่เบสที่รับโปรตอนได้น้อย มีข้อสังเกตสำหรับ คู่กรด-เบสหนึ่ง ๆ ว่า ถ้ากรดเป็นกรดแก่ คู่เบสจะเป็นเบสอ่อน ดังนั้นเมื่อ HCl และ เป็นกรดแก่ Cl^- ซึ่งเป็นคู่เบสจะเป็นเบสอ่อน หรือ NH_3 เป็นเบสอ่อน NH_4^+ ซึ่งเป็นคู่กรดจะเป็นกรดแก่ ดังนั้นเป็นต้น

นิยามนี้แม้จะใช้ได้กว้างขวางกว่านิยามของ อาร์เรเนียส เพราะไม่จำกัดตัวทำละลาย แต่ก็ยังจำกัดว่ากรดต้องมี H^+ อยู่ในโมเลกุล สารอื่นที่ไม่มี H^+ จะไม่เป็นกรดตามนิยามนี้ ดังนั้นจึงไม่อาจอธิบายว่าเหตุใดออกไซด์กรด เช่น SO_3 จึงสามารถสะเทินออกไซด์เบส เช่น CaO ได้แม้จะไม่มีตัวทำละลายเลย ลิวิสจึงเสนอ นิยามกรดเบสขึ้นมาอีกนิยามหนึ่ง

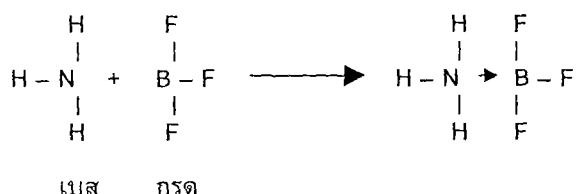
ในปี ค.ศ.1923 ลิวิสได้เสนอนิยามของกรดและเบสว่า กรดคือสารที่สามารถรับอิเล็กตรอนคู่จากเบสแล้วเกิดพันธะโคเวเลนต์ และเบสคือสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนคู่ในการเกิดพันธะโคเวเลนต์

ตัวอย่างของปฏิกิริยากรด-เบสที่ง่ายที่สุด ได้แก่ ปฏิกิริยาระหว่างโปรตอนกับไฮดรอกไซด์ ไอออน



ไฮดรอกไซด์ไอออนจัดเป็นเบสเพราะให้อิเล็กตรอนคู่กับ H^+ และ H^+ จัดเป็นกรด เพราะรับอิเล็กตรอนคู่จาก OH^- แล้วเกิดพันธะ $O-H$

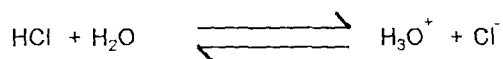
อีกตัวอย่างหนึ่งคือปฏิกิริยาระหว่าง BF_3 และแอมโมเนีย



ซึ่งแอมโมเนียเป็นเบส และ BF_3 เป็นกรด สารประกอบที่ธาตุมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่ครบแปด เช่น BF_3 , $AlCl_3$ จะเป็นกรดลิวิส (Lewis acid) ในขณะที่สารประกอบหรือไอออนที่มีอิเล็กตรอนคู่ที่ไม่เกิดพันธะจะเป็นเบสลิวิส (Lewis base)

นิยามนี้ไม่ได้ขยายเบสไปจากนิยามของบรอนสเตด-เลารีเท่าใดนัก แต่ขยายกรดออกไปมากมาย ทำให้มีสารจำนวนมากที่จัดได้ว่าเป็นกรดลิวิส โปรตอนเป็นเพียงกรดที่ง่ายที่สุดตัวหนึ่งเท่านั้น กรดลิวิสอาจเป็นโมเลกุล อะตอมหรือไอออนบวกที่มีออร์บิทัลว่างพอจะรับอิเล็กตรอนคู่ เมื่อทำปฏิกิริยากับเบส สารที่มีสมบัติอย่างนี้ เรียกว่า “อิเล็กโตรไฟล์”(electrophile : มาจากคำในภาษากรีกที่แปลว่า “รักอิเล็กตรอน”) เบสลิวิสซึ่งต้องมีอิเล็กตรอนคู่ที่จะให้กับนิวเคลียสอื่นที่ขาดอิเล็กตรอนมีชื่อว่า นิวคลีโอไฟล์ (nucleophile : มาจากภาษากรีกที่แปลว่า “รักนิวเคลียส”) เราจะใช้ชื่อรีเอเจนต์ทั้งสองมาจำแนกปฏิกิริยา ดังเช่น

ปฏิกิริยากรดเบสตามนิยามของบรอนสเตด-เลารี อาจมองดูตามทัศนะของลิวิสว่าเป็นปฏิกิริยาแทนที่ด้วยกรดหรือเบสที่แก่กว่า ดังปฏิกิริยา



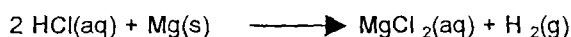
การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคือ H_2O เข้าไปแทนที่ Cl^- ใน HCl หรือ น้ำเป็นเบสที่แก่กว่า Cl^- จึงไล่ที่ Cl^- ได้ ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยเบสหรือนิวคลีโอไฟล์ มีชื่อว่า Nucleophilic displacement เป็นการแทนที่ด้วยกรดหรืออิเล็กโตรไฟล์ก็จะมีชื่อว่า electrophilic displacement

นิยามกรด-เบสของลิวิสตลอดจนการจำแนกปฏิกิริยาโดยอาศัยรีเอเจนต์ดังตัวอย่างข้างต้นใช้กันอย่างกว้างขวางในเคมีอินทรีย์

3.3.2 สมบัติทั่วไปของกรดและเบส

กรด

- กรดมีรสเปรี้ยว เช่น น้ำส้มสายชู มีรสเปรี้ยวเนื่องจากกรดแอซิดิก มะนาวและส้มชนิดอื่นๆมีกรดซิตริก
- กรดทำให้เกิดการเปลี่ยนสีในสีย้อมที่มาจากพืช เช่น เปลี่ยนสีของลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง
- กรดทำปฏิกิริยากับโลหะบางชนิด เช่น สังกะสี แมกนีเซียม และเหล็กเกิดแก๊สไฮโดรเจน เช่น ปฏิกิริยากรดไฮโดรคลอริกและแมกนีเซียม ดังสมการ



- กรดทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต เช่น Na_2CO_3 , CaCO_3 และ NaHCO_3 เกิดเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น



- สารละลายของกรดในน้ำนำไฟฟ้าได้

เบส

- เบสมีรสขม
- เบสทำให้รู้สึกลื่นเมื่อสัมผัส สบู่ซึ่งมีเบสเป็นส่วนประกอบก็มีสมบัตินี้
- เบสทำให้เกิดการเปลี่ยนสีในสีย้อมที่มาจากพืช เช่น เปลี่ยนสีของลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน
- สารละลายของเบสในน้ำ นำไฟฟ้าได้

3.3.3 การหา pH ของสารละลาย

ค่า pH ของสารละลายใด ๆ อาจวัดได้ 3 วิธี

3.3.3.1 วิธีเปรียบเทียบสี วิธีนี้เป็นการวัด pH โดยประมาณ (มีความถูกต้อง ± 0.5 หน่วย pH) ซึ่งทำได้โดยเติมอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมลงในสารละลายที่ต้องการวัด pH แล้วเปรียบเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์ซึ่งทราบค่า pH แน่นนอน ซึ่งได้เติมอินดิเคเตอร์ชนิดเดียวกันลงไปไว้แล้ว หรือใช้กระดาษชุบอินดิเคเตอร์ (กระดาษ pH) จุ่มลงไปแล้วเปรียบเทียบกับสีมาตรฐาน

3.3.3.2 วิธีวัดความต่างศักย์ วิธีนี้วัด pH ได้อย่างละเอียด (มีความถูกต้อง ± 0.1 หน่วย pH เป็นอย่างน้อย) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า pH มิเตอร์ ซึ่งวัด pH ของสารละลายได้โดยการวัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้า 2 อัน คือ อิเล็กโทรดแก้ว (ที่ไวต่อ H_3O^+) และอิเล็กโทรดมาตรฐาน (เช่น อิเล็กโทรดคาโลเมลล์อิ่มตัว) ภายในเซลล์ไฟฟ้าเคมี เมื่อความเข้มข้นของ H_3O^+ ในสารละลายเปลี่ยนไป จะทำให้ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อนำค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จากสารละลายบัฟเฟอร์ ก็จะบอกได้ว่าสารละลายนั้น ๆ มีค่า pH เท่าใด

3.3.3.3 คำนวณปริมาณ $[\text{H}_3\text{O}^+]$ แล้วคำนวณ pH ด้วยสูตร

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

3.4 คอลลอยด์

อนุภาคของตัวละลายในสารละลายอาจเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ หรือไอออน หรืออะตอม ซึ่งมีขนาดเล็กมากประมาณ 0.1 ถึง 1 นาโนเมตร จมองด้วยตาเปล่าหรือกล้องจุลทรรศน์ไม่เห็น เมื่อแสงส่องมาก็จะผ่านทะลุไปเลยโดยที่อนุภาคเหล่านั้นไม่สามารถกระเจิงแสง และถึงจะตั้งทิ้งไว้นานเท่าใดอนุภาคตัวละลายเหล่านั้นก็ไม่อาจแยกตัวออกมาจากตัวทำละลาย ตรงกันข้ามกับสารละลาย ถ้าเราเอาน้ำโคลนซึ่งแลเห็นอนุภาคดินลอยอยู่ตั้งทิ้งไว้อนุภาคดินจะไม่ลอยอยู่อย่างเดิมตลอดไป แต่จะตกนอนก้นในที่สุด อนุภาคเหล่านั้นมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลและไอออนมาก อาจจะหลายพันหลายหมื่นเท่าบางครั้งเราอาจแยกอนุภาคของแข็งเช่นนี้ออกจากของเหลวโดยวิธีการกรองด้วยกระดาษกรองธรรมดา หรือโดยการใช้เครื่องปั่นแยก ภายในเครื่องปั่นแยกมีกลไกที่หมุนเหวี่ยงสารผสมด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดแรงดึงอนุภาคให้ตกลงไปอยู่ที่ก้นของเหลว น้ำโคลนซึ่งมีอนุภาคดินเม็ดละเอียดในน้ำเป็นสารผสมชนิดที่เรียกว่า สารแขวนลอย

ถ้าคำนึงถึงขนาดของอนุภาคเป็นหลัก ก็จะมีสารผสมอีกประเภทหนึ่งซึ่งขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่างสารแขวนลอยซึ่งเป็นสารผสมวิวิธพันธุ์กับสารละลายซึ่งเป็นสารผสมเอกพันธุ์ สารผสมประเภทนี้เรียกว่า คอลลอยด์ อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดประมาณ 1 ถึง 100 นาโนเมตร อาจเป็นกลุ่มอะตอม กลุ่มไอออน หรือโมเลกุลเล็ก ๆ หรืออาจเป็นโมเลกุลเดี่ยวขนาดใหญ่มากก็ได้ เช่น โมเลกุลฮีโมโกลบิน ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 65,000 (โปรตีนบางชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลหลายแสน) ขนาดของอนุภาคคอลลอยด์เล็กเกินกว่าที่จะแยกตัวออกมาหรือกรองติดด้วยกระดาษกรองธรรมดา ในเรื่องของคอลลอยด์มักเรียกอนุภาคคอลลอยด์ว่า วิทยาภาที่กระจาย (เทียบกับเรื่องสารละลายก็คือตัวละลาย) และเรียกสารที่มีอนุภากระบายอยู่ว่า ตัวกลางทำกระจาย (เทียบกับเรื่องสารละลายก็คือตัวทำละลาย) ทำนองเดียวกับสารละลาย คอลลอยด์เป็นได้ทั้งแก๊สของเหลว และของแข็ง

คอลลอยด์อาจแบ่งตามสถานะของตัวทำละลายและสถานะของตัวละลายได้ 4 ประเภท คือ

- 1 โซล (Sol หรือ Suspensoid) เกิดจากอนุภาคของแข็งฟุ้งกระจายอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว เช่น milk of magnesia ($Mg(OH)_2$ ในน้ำ)
- 2 อิมัลชัน (Emulsion หรือ Emulsoid) เกิดจากอนุภาคของเหลวชนิดหนึ่งฟุ้งกระจายในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง เช่น นำนม น้ำสลัด
- 3 เจล (Gel) เกิดจากอนุภาคของแข็งเรียงตัวกระจายเป็นโครงตาข่ายทั่ว ๆ ไปในของเหลวทั้งวิทยาภาของแข็งและของเหลวจะต่อเนื่องกันไป เช่น เยลลี่ (jelly) วุ้นหรือเจลาติน (gelatin)
- 4 ละอองลอย (Aerosol) เกิดจากอนุภาคของแข็งหรือของเหลวฟุ้งกระจายในแก๊ส เช่น ควัน (คาร์บอนในอากาศ) หมอก(น้ำในอากาศ)

ตาราง 2 ตัวอย่างคอลลอยด์ประเภทต่าง ๆ

ภูมิภาคของ คอลลอยด์	ภูมิภาค ที่กระจาย	ตัวกลาง ทำกระจาย	ชนิด คอลลอยด์	ตัวอย่าง
แก๊ส	แก๊ส	แก๊ส	ไม่มี	-
	ของเหลว	แก๊ส	ละอองลอย	หมอก, เมฆ
	ของแข็ง	แก๊ส	ละอองลอย	ควัน
ของเหลว	แก๊ส	ของเหลว	ฟอง	ฟองสบู่
	ของเหลว	ของเหลว	อิมัลชัน	นม, ครีม
	ของแข็ง	ของเหลว	โซล	สีทา, น้ำแป้ง
ของแข็ง	แก๊ส	ของแข็ง	ฟองของแข็ง	หินพัมมิช
	ของเหลว	ของแข็ง	อิมัลชันของแข็ง	เนย
	ของแข็ง	ของแข็ง	โซลของแข็ง	โอพอล

ที่มา : กฤษณา ชูติมา. (2540). *หลักเคมีทั่วไป* : 421.

ถึงแม้อนุภาคคอลลอยด์มีขนาดเล็ก แต่ก็ยังใหญ่พอที่จะกระเจิงแสงได้ ดังนั้น ถ้าเราส่องแสงเข้าไปในคอลลอยด์ เราจะสามารถมองเห็นลำแสงในคอลลอยด์ได้โดยที่เราไม่เห็นลำแสงเมื่อผ่านสารละลาย การกระเจิงของแสงโดยอนุภาคคอลลอยด์เรียกว่า ปรากฏการณ์ทินดอลล์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนมากขึ้น จึงทำให้เกิดความตื่นตัวที่จะทำการวิจัยประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีคุณภาพและสามารถนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่ดี ซึ่งมีงานวิจัยดังนี้

สมศักดิ์ กิจสุขจิต (2530 : 74 - 82) ได้สร้างโปรแกรมสถานการณ์จำลอง ห้องปฏิบัติการเคมีโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ได้อุปกรณ์เคมีจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2 มิติ เคลื่อนที่ได้ หมุนได้ 360 องศา มีสี 6 สี ทำการทดลองได้ 7 การทดลอง และนำไปใช้สอนนักเรียนได้แทนการเรียนด้วยอุปกรณ์จริงในห้องปฏิบัติการได้

ประวิทย์ บึงสว่าง (2537 : 61 - 70) ใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเรื่องปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนราชวินิต บางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ เป็นกลุ่มทดลอง โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองแบบอภิปรายในชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ในการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เรื่องปฏิกิริยาไฟฟ้า

เคมีของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดเห็นที่ดี และเห็นด้วยต่อการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ ในการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จันทนา บุญยาภรณ์ (2539 : 59) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุรวิทยาคาร จังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2538 พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และจากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาวิทยาศาสตร์ คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนซ่อมเสริมสูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2540 : 282 - 298) ได้ศึกษาการพัฒนาวัตกรรมการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์คลื่น ผลการวิจัย วัตกรรมการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือกับรายบุคคล ผลของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนในทุกด้าน คือ ด้านความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และค่านิยมทางวิทยาศาสตร์

เบญจวรรณ โรจน์พานิช (2540 : 73 - 80) ได้ศึกษาผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยภาพจำลองสถานการณ์ ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องสึนามิในน้ำ ผลการวิจัยได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้ภาพจำลองสถานการณ์เรื่องสึนามิในน้ำ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สามารถใช้เป็นในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสึนามิในน้ำ นักเรียนมีความสนใจ พอใจ และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ในระดับสูงมาก

วินัย เลิศเกษมสันต์.(2542 : 60 - 66) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิชาฟิสิกส์ เรื่อง “แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่” โดยใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลอง ประกอบชุดการเรียนการสอนกับการสอนตามปกติของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า การสอนตามปกติกับการใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองให้ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน แต่การใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองประกอบชุดการเรียนการสอนช่วยส่งเสริมให้เกิดผลดีต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในส่วนการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ดี

สมพงษ์ สุริยะวงศ์(2542 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “การหมุนเวียนของเลือดและแก๊ส” ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของ Meguigan ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .01

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายละเอียดงานวิจัยที่ศึกษาปรากฏดังต่อไปนี้

คอคช (Koch. 1973 : 28-29) ได้กล่าวถึงงานวิจัยของสมาคมครูใหญ่โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งชาติ และคณะกรรมการเทคโนโลยีทางการศึกษาของสหรัฐ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจโรงเรียนต่าง ๆ ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน พบว่าการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างรูปและการจำลองสถานการณ์กำลัง

ที่เพิ่มมากขึ้นในโรงเรียนมัธยมศึกษา เช่น ในวิชาเศรษฐศาสตร์ ชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ ส่วนโปรแกรมสำหรับฝึกทักษะนั้นได้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากในวิชาภาษาต่างประเทศ และวิชาชีววิทยา

ไวส์ (Wise. 1984 : 2432-A) ได้ศึกษาอิทธิพลของการใช้แบบจำลอง ไมโครคอมพิวเตอร์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของนักเรียน วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนวิทยาศาสตร์กายภาพเกรด 9 รัฐจอร์เจีย ในสหรัฐอเมริกา 3 ห้องเรียน โดยแต่ละห้องถูกสุ่มให้เลือกวิธีการเรียนการสอนอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนปฏิบัติ การใช้แบบจำลองหลังการปฏิบัติการ และวิธีการเรียนการสอนตามปกติ ผลปรากฏว่าทั้งกลุ่มที่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนปฏิบัติ และกลุ่มที่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์หลังปฏิบัติการ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าการเรียนการสอน ด้วยวิธีการปกติและในขณะที่แต่ละกลุ่มที่ทำการวิจัยมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบวกที่สูงกว่า

ไอเซนคราฟ (Eisenkraft. 1986) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการสอนแบบจำลองสถานการณ์ในการปฏิบัติการทดลองกับการทดลองตามปกติในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการเปรียบเทียบคะแนนภาคปฏิบัติและคะแนนจากการสังเกตพฤติกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 225 คน ผลการวิจัยสรุปได้นักเรียนจากการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนจากการทดลองตามปกติ ส่วนความสามารถในการปฏิบัติการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

ชอลย์ และ เจนนาโร (Choi and Gennaro. 1987) ได้ศึกษาการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์การทดลองต่อความถี่รอบยอดเรื่องการแทนที่ปริมาตร และความคงทนของความรู้ โดยเปรียบเทียบกับการสอนปกติในห้องปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่าให้ผลไม่แตกต่างกัน ซ้ำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าหญิง แต่การสอนปกติในห้องเรียนจะใช้เวลามากกว่า

เคททิงเจอร์ (Kettinger. 1991) ได้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำคอมพิวเตอร์ใช้ในห้องเรียน ซึ่งพบว่าสามารถนำไปใช้ได้หลายกรณี เช่น ใช้ในการนำเสนอข้อมูล ใช้ประกอบกับการทำปฏิบัติ ใช้จำลองสถานการณ์ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในวิชาเคมี ฟิสิกส์ ฝึกปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ ใช้ในการศึกษาค้นคว้า และยังพบว่าผู้เรียนมีการเรียนรู้ดีขึ้น สนใจการเรียนมากขึ้น

คริสแมน (Crisman. 1995 : 3727) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ของวิธีการสอน 2 วิธี คือการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบบททวน (Computer-based Tutorial) และคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ (Computer Based Simulation) โดยใช้วิธีการสอนที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ 1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบบททวนอย่างเดียว 2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์อย่างเดียว 3. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามด้วยแบบจำลองสถานการณ์ 4. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ตามด้วยแบบบททวน พบว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ไม่มีประสิทธิภาพที่จะเป็นเครื่องมือการสอนเพื่อเสนอเนื้อหาผลคะแนนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบบททวนอย่างเดียวและคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ตามด้วยแบบบททวนไม่แตกต่างกัน ผลคะแนนทดสอบการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากการเรียนบททวนตามด้วยแบบจำลองสถานการณ์ แต่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับแบบจำลองสถานการณ์เพียงอย่างเดียว

เฮเคอร์แรม (HaKerrem. 1996 : 4338A) ได้ศึกษาผลการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า การจำลองสถานการณ์ทำให้นักเรียนที่เรียนอ่อน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่า สามารถให้นักเรียนเข้าใจความคิดรวบยอดที่เป็นนามธรรม ได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนอ่อนจากการเรียนวิธีปกติ

จากผลการศึกษางานวิจัยจะเห็นว่าการเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งด้านสอนซ่อมเสริม สอนเพิ่มเติม สอนทบทวน และการจำลองสถานการณ์ ผลปรากฏว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเดิม นักเรียนมีความคิดเห็นที่ดีต่อการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นอกจากผลการเรียนดีขึ้นแล้ว ยังมีความคงทนของความรู้สูงกว่าการเรียนปกติ นักเรียนใช้เวลาในการเรียนน้อยกว่าการเรียนในชั้นเรียน อีกทั้งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรูปแบบจำลองสถานการณ์เป็นที่นิยมกันทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งผลจากการศึกษางานวิจัยทำให้ได้แนวคิดที่ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมในการส่งเสริมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนสามารถเรียนตามความสนใจของตน และแบ่งเบาภาระของครูผู้สอนได้ อีกทั้งการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ดังนั้นผู้วิจัย สนใจที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่องสารละลาย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย มีรายละเอียดในการดำเนินการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดการกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 4 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 145 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี จำนวน 34 คน ที่สุ่มมาจากประชากรดังกล่าว โดยดำเนินการ ดังนี้

- 1.1 โรงเรียนจัดนักเรียนแบบคละความสามารภเป็น 4 ห้องเรียน ห้องละประมาณ 35 คน
- 1.2 ผู้วิจัยสุ่มนักเรียนมา 1 ห้องเรียนจาก 4 ห้องเรียน จำนวน 34 คน โดยการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย
3. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ดำเนินการพัฒนาตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและจุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์ จากหนังสือหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) และขอบข่ายของเนื้อหาวิชาจากแบบเรียนและคู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 ว 101

3.1.2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากคู่มือครูและแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ว 101 เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารละลาย

3.1.3 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยยึดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรและคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

3.1.4 สร้างแผนเรื่องราวบทเรียน ซึ่งประกอบด้วยคำอธิบายของเนื้อหา และคำถามประกอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยการกำหนดรูปแบบโครงสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โครงสร้างไฟล์บทเรียนและโครงสร้างทดสอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย โดยแบ่งหน่วยการเรียนรู้เป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ และความรู้เพิ่มเติมที่นำรู้อีก 1 เรื่อง ดังนี้

3.1.4.1 หน่วยที่ 1 เรื่องสารละลาย

3.1.4.2 หน่วยที่ 2 เรื่องการแยกสารละลาย

3.1.4.3 หน่วยที่ 3 เรื่อง กรดและเบส

3.1.4.4 เรื่องน้ำรู้ เรื่องคอลลอยด์

3.1.5 นำแผนเรื่องราวบทเรียน ที่เขียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบพิจารณาแล้วปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท

3.1.6 นำแผนเรื่องราวบทเรียนที่แก้ไขแล้ว นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ และอาจารย์ปราณี สุดสวัสดิ์ พิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทเรียนและความเหมาะสมของการจัดทำเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แล้วปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.1.7 นำแผนเรื่องราวบทเรียนที่ปรับปรุงแล้วมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Authorware Professional 4.0

3.1.8 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ที่สร้างเสร็จแล้วเสนอคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท แล้วปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท

3.1.9 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ และ อาจารย์ ไพฑูรย์ จารุสาร เพื่อพิจารณาความเหมาะสม และประเมิน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ซึ่งการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ภาคผนวก จ) แบ่งออกเป็น 5 ด้านดังนี้

3.1.9.1 ส่วนนำของบทเรียน

3.1.9.2 เนื้อหาบทเรียน

3.1.9.3 การใช้ภาษา

3.1.9.4 การออกแบบระบบการเรียนการสอน

3.1.9.5 ส่วนประกอบมัลติมีเดีย

ใช้ลักษณะการประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็น แต่ละช่วงคะแนนมีความหมาย ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

และให้ความหมาย โดยใช้ค่าเฉลี่ยเป็นรายด้านและรายข้อ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ควรปรับปรุง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง พอใช้

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ใช้ได้ดี

คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ใช้ได้ดีมาก

3.1.10 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และไม่เคยเรียนเนื้อหาที่ผ่านมาจำนวน 3 คน ซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน โดยผู้วิจัยสังเกตและบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละคนในขณะที่เรียน ซักถามปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหา ภาษาที่ใช้ เวลาที่ใช้ หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไข ดังตาราง 3

ตาราง 3 สรุปการแก้ไขข้อบกพร่องการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์กับนักเรียนกลุ่มเล็ก 3 คน

ข้อบกพร่อง	การแก้ไขของผู้วิจัย
1. ข้อความมีการพิมพ์ผิด	- แก้คำที่พิมพ์ผิดในแต่ละข้อความ
2. ปุ่มคำสั่งยังเชื่อมโยงไม่ถูกต้อง	- ตรวจสอบการเชื่อมโยงในปุ่มคำสั่งต่าง ๆ ให้ถูกต้อง
3. สรุปแบบทดสอบไม่ถูกต้อง	- แยกแบบทดสอบแต่ละหน่วยออกเป็นไฟล์ต่างหาก

3.1.11 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์จำลอง ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และไม่เคยเรียนเนื้อหาที่ผ่านมา ก่อน จำนวน 9 คน ซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.1.12 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ตัวเลข 80 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียนทั้งหมดที่เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ ตัวเลข 80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์แล้ว

3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผลและการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

3.2.2 ศึกษาจุดประสงค์และเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลาย จากแบบเรียนและคู่มือครู วิชาวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 ว 101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อสร้างตารางจำแนกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย แบ่งพฤติกรรมออกเป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังตาราง 4

ตาราง 4 จำแนกข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย

จุดประสงค์ \ พฤติกรรม	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	ทักษะ กระบวนการ	การนำ ไปใช้	รวม (ข้อ)	ลำดับ ความ สำคัญ
1. อธิบายความหมายของคำหรือข้อความต่อไปนี้ได้ สารละลาย ตัวทำละลาย ตัวละลาย สารละลายอิ่มตัว ผลึก การตกผลึก ความเข้มข้นของสารละลาย การแยกสารโดยวิธีการระเหยจนแห้ง การกลั่น การกลั่นลำดับส่วน และวิธีโครมาโทกราฟี	2 (2,3)	1 (1)	-	-	3	6
2. จำแนกตัวทำละลายและตัวละลายในสารละลายได้	1 (4)	1 (5)	-	-	2	5
3. ทดลองและสรุปเกี่ยวกับการละลายของสารต่าง ๆ ได้	-	1 (7)	2 (6,8)	-	3	1
4. อธิบายและคำนวณค่าความเข้มข้นของสารละลายอย่างง่ายได้	-	2 (9,11)	1 (10)	-	3	7
5. อธิบายวิธีการแยกสารสารละลายได้	2 (12,15)	3 (14,16 และ18)	1 (19)	2 (13,15)	8	2
6. อธิบายและทดสอบความเป็นกรด-เบสของสารได้	-	2 (20,21)	-	-	2	8
7. อธิบายสมบัติโดยทั่วไปของกรด-เบสได้	1 (22)	2 (23,24)	1 (25)	-	4	4
8. ทดลองและจำแนกกรดที่ได้จากพืชและกรดที่ได้จากแร่ธาตุได้	1 (28)	2 (29,30)	-	2 (26,27)	5	3
รวม	7	14	5	4	30	

3.2.3 สร้างข้อสอบแบบปรนัยเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก โดยสร้างให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้จำนวน 60 ข้อ เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทพิจารณาตรวจสอบแล้วปรับปรุงแก้ไข

3.2.4 นำเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ และอาจารย์ปราณี สุตสวัสดิ์ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและตัวเลือก กับพฤติกรรมที่วัด (IOC) ที่มีค่า 0.5 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวก ข)

3.2.5 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน แล้วนำผลทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อ

3.2.6 คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย(p) ระหว่าง 0.30 – 0.75 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ภาคผนวก ค)

3.2.7 นำแบบทดสอบที่คัดเลือก จำนวน 30 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน แล้วนำผลทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร K-R 20 (Kuder – Richardson 20) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.86(ภาคผนวก ค)

3.2.8 นำแบบทดสอบไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.3 การสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่องสารละลาย มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นแบบประมาณค่า 3 ระดับ คือ มาก ปานกลาง และน้อย โดยสอบถามความคิดเห็นในด้านส่วนหน้าของบทเรียน การใช้ภาษา เนื้อหาของบทเรียน และการออกแบบบทเรียน (ภาคผนวก จ)

3.3.2 นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่สร้างขึ้น ไปให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาพันธ์ ตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ตลอดจนความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และนำข้อเสนอมาปรับปรุงแก้ไข

3.3.3 นำแบบสอบถามไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง ดังนี้

การดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและทดสอบหลังการทดลอง (One group pretest posttest design) รูปแบบการวิจัยชนิดนี้เขียนเป็นตารางทดลองได้ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540. : 60 - 61)

ตาราง 5 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ	E แทน	กลุ่มตัวอย่าง
	T ₁ แทน	การทดสอบก่อนเรียน
	X แทน	การเรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
	T ₂ แทน	การทดสอบหลังเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัย
2. เก็บข้อมูลก่อนทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน
3. ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่องสารละลาย โดย 1 คน ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
4. เก็บข้อมูลในการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์
5. เก็บข้อมูลหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย
6. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย
7. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบย่อยแต่ละชุด กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังจบบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

5.2 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร K-R 20 (Kuder – Richardson 20) นำไปใช้ทดสอบแล้วนำผลต่างของคะแนนก่อน-หลังเรียน ใช้ t-test แบบ Correlated samples or dependent samples

5.3 วิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนจากการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำการวิเคราะห์ประเมินระดับความคิดเห็นโดยใช้สถิติค่าร้อยละ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการวิจัยครั้งนี้กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows รุ่น 9.05 และ Microsoft Excel 97 รุ่น 8.0

6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

6.1 สถิติพื้นฐาน

6.1.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองโดยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 137)

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

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

6.1.2 หาค่าคะแนนแปรปรวนของแบบทดสอบ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 142) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ	S^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของคะแนน
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

6.2 สถิติใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

6.2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หมายถึงค่าที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล เป็นการตรวจสอบและพิจารณาว่าแบบทดสอบแต่ละข้อนั้นสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและจุดมุ่งหมายหรือไม่ ค่าที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ เรียกว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item – Objective Congruence) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ถ้าค่า IOC ที่ได้น้อยกว่า 0.5 แสดงว่า แบบวัดนั้นไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการจะวัด ต้องปรับปรุงใหม่โดยการนำคะแนนที่ได้มาแทนค่าในสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 117)

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

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

6.2.2 หาความยากง่าย(difficulty index : p) และค่าอำนาจจำแนก (discrimination index : r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบในรายข้อ (Item Analysis) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 129 - 130) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่าย
R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

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

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก
R_U แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง
R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและอ่อน

6.2.3 หาค่าความเชื่อมั่นหรือค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (Kuder –Richardson 20 หรือ K-R 20) (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2540 : 275) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นหรือค่าความเที่ยง
k แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
p แทน สัดส่วนผู้ตอบถูกต้องผู้เข้าสอบทั้งหมด (n)
= $\frac{\text{จำนวนนักเรียนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมด}}$
q แทน สัดส่วนผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n) หรือ
q = 1 - p

6.3 สถิติใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

6.3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 โดยการหาประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (เสาวณีย์ ศึกษบัณฑิต . 2528 : 56 - 57) โดยคำนวณจากสูตร

$$\frac{E_1}{E_2} \text{ โดย}$$

$$E_1 = \frac{\left[\frac{\sum X}{N} \right]}{A} \times 100 \quad \text{และ} \quad E_2 = \frac{\left[\frac{\sum Y}{N} \right]}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียนคิดเป็นร้อยละจากแบบฝึกหัดระหว่างการฝึกอบรม
E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์(พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวของผู้เรียน) คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังการฝึกอบรม
$\sum X$	แทน	คะแนนรวมจากการทำแบบฝึกหัด
$\sum Y$	แทน	คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังการเรียน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบ
A	แทน	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

6.3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อ 2 ใช้การทดสอบค่าที (t value) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบวัดจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน 2 ครั้ง (Test-retest or paired measurement) ผลต่างของคะแนนก่อน-หลัง ใช้ t-test แบบ Correlated samples or dependent samples (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 165) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังใช้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับคะแนนก่อนใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนหลังใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับคะแนนก่อนใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย โดยนำไปทดลองวิจัยและพัฒนาบทเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี เพื่อศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ 80/80

4.2 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏผลดังนี้

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ได้มีการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นนั้น ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับการประเมิน
1. ส่วนนำของบทเรียน	4.33	ดี
2. เนื้อหาบทเรียน	4.25	ดี
3. การใช้ภาษา	4.67	ดีมาก
4. การออกแบบระบบการเรียนการสอน	3.78	ดี
5. ส่วนประกอบด้านมัลติมีเดีย	4.67	ดีมาก

จากตาราง 6 การประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์อยู่ในระดับ ดีและดีมาก มีความเหมาะสมทั้งในเรื่อง ส่วนนำของบทเรียน เนื้อหาบทเรียน การใช้ภาษา การออกแบบระบบการเรียนการสอน และส่วนประกอบด้านมัลติมีเดีย ซึ่งสำหรับรายการที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

การใช้ภาษา ปรับแก้คำบางแห่งให้ถูกต้องตามหลักวิชาเคมี

การออกแบบระบบการเรียนการสอน

- ปรับสีของตัวอักษรและกราฟฟิกบางแห่งให้ชัดเจน
- ปรับสีของสารละลายให้ใกล้เคียงความจริง
- ปรับการเปลี่ยนหน้าจอในแต่ละกรอบให้น่าสนใจยิ่งขึ้น

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยที่ 1 เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 2 เรื่องการแยกสารละลาย และ หน่วยที่ 3 เรื่องกรดและเบส เมื่อนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน ซึ่งผลการทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	จำนวนแบบทดสอบ(ข้อ)	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
สารละลาย	15	11.59	77.25
การแยกสารละลาย	10	8.62	86.18
กรดและเบส	15	12.26	81.76
รวม	40	32.47	81.18

จากตาราง 7 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องสารละลายมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 77.25 ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์ 80 ตัวแรก ส่วนหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการแยกสารละลาย และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดและเบส มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 86.18 และ 81.76 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ เมื่อพิจารณาทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้รวมกัน ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวม 81.18 แสดงว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมื่อนำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมระหว่างเรียนเปรียบเทียบกับหลังเรียน เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ปรากฏผลดังตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
แบบทดสอบระหว่างเรียน (40 ข้อ)	32.47	81.18
แบบทดสอบหลังเรียน (30 ข้อ)	24.06	80.20

จากตาราง 8 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบระหว่างเรียน มีค่าร้อยละ 81.18 และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนมีค่าร้อยละ 80.20 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพ 80 ตัวแรก และ 80 ตัวหลัง แสดงว่า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

4.2 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย

เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย มาเปรียบเทียบปรากฏผลดังตาราง 9

ตาราง 9 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน

ด้านที่วัดผลสัมฤทธิ์	คะแนนเต็ม	คะแนนสอบก่อนเรียน		คะแนนสอบหลังเรียน		t	p
		(N = 34)		(N = 34)			
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ความรู้ความจำ	7	2.65	1.04	5.44	0.93	11.93**	.000
2. ความเข้าใจ	14	6.24	1.84	11.12	1.34	12.71**	.000
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	3.26	1.02	4.47	0.66	6.12**	.000
4. การนำไปใช้	4	1.82	0.99	3.03	0.72	5.86**	.000
รวม	30	13.97	2.83	24.06	1.35	18.87**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 9 คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบก่อนและหลังการเรียนผลการเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$) ในทุกด้านของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละด้าน ทั้งด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำไปใช้ สูงขึ้น

อนึ่งในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้สอบถามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย จำนวน 13 ข้อ ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 10 คำร้อยละความคิดเห็นของนักเรียนที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น(N = 34 คน)					
	มาก		ปานกลาง		น้อย	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
<u>ส่วนนำของบทเรียน</u>						
1. คำอธิบายการใช้บทเรียนเข้าใจได้ง่าย	27	79.41	7	20.59	0	0.0
<u>การใช้ภาษา</u>						
2. ภาษาถูกต้อง เหมาะสม ต่อผู้เรียน	32	94.12	2	5.88	0	0.0
<u>เนื้อหาของบทเรียน</u>						
3. เนื้อหาชัดเจนศึกษาเข้าใจได้ง่าย	29	85.29	5	14.71	0	0.0
4. ภาพประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	29	85.29	5	14.71	0	0.0
5. มีความต่อเนื่องของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้	24	70.59	10	29.41	0	0.0
6. ความยาวของการนำเสนอแต่ละหน่วยเหมาะสม	24	70.59	8	23.53	2	5.88
7. แบบทดสอบเหมาะสมกับบทเรียน	30	88.24	4	11.76	0	0.0
8. ตอบสนองความสนใจของผู้เรียนแต่ละบุคคล	24	70.59	10	29.41	0	0.0
<u>การออกแบบบทเรียน</u>						
9. ตัวอักษร มีขนาด และสีที่อ่านได้ง่ายชัดเจน	26	76.47	8	23.53	0	0.0
10. สีพื้นหรือรูปภาพประกอบเหมาะสม	27	79.42	6	17.65	1	2.94
*11. ดนตรีประกอบเหมาะสมกับบทเรียน	-	-	-	-	-	-
12. การใช้บทเรียนง่าย สะดวก	26	76.47	7	20.59	1	2.94
13. ต้องการเรียนลักษณะแบบนี้กับเรื่องอื่นอีก	29	85.29	5	14.71	0	0.0

* ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ฟังเสียงแก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

จากตาราง 10 เมื่อพิจารณาความคิดเห็นในแต่ละส่วนของแบบสอบถาม แยกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ส่วนนำของบทเรียน(จากข้อที่ 1) นักเรียนร้อยละ 79.41 มีความคิดเห็นว่าอธิบายการใช้บทเรียนได้เข้าใจง่าย

2. การใช้ภาษา (จากข้อที่ 2) นักเรียนร้อยละ 94.12 มีความคิดเห็นว่าภาษาถูกต้อง เหมาะสมต่อผู้เรียน

3. เนื้อหาของบทเรียน (จากข้อที่ 3, 4, 5, 6, 7, 8) นักเรียนร้อยละ 85.29 มีความคิดเห็นเหมาะสมมากในเรื่องเนื้อหาชัดเจนศึกษาเข้าใจได้ง่ายและภาพประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น ส่วนเรื่องความต่อเนื่องของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ความยาวของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และตอบสนองความสนใจของผู้เรียนแต่ละบุคคล มีความคิดเห็นเหมาะสมมาก ร้อยละ 70.59 ในเรื่องแบบทดสอบที่อยู่ในแต่ละบทเรียน นักเรียนมีความคิดเห็นถึงร้อยละ 88.24 ว่าเหมาะสมมาก

4. การออกแบบบทเรียน (จากข้อที่ 9, 10, 11, 12, 13) นักเรียนร้อยละ 76.47 มีความคิดเห็นว่าเหมาะสมมากในเรื่องขนาดและสีตัวอักษร อ่านได้ชัดเจน และความสะดวกในการใช้บทเรียน ส่วนในเรื่องสีพื้นหรือรูปภาพที่นำมาประกอบ นักเรียนมีความคิดเห็นเหมาะสมมากร้อยละ 79.42 และในเรื่องการเรียนรู้ลักษณะเช่นนี้กับเรื่องอื่น ๆ อีก นักเรียนมีความคิดเห็นมาก ร้อยละ 85.29

ในการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้ได้มีคำถามเพิ่มเติม 2 ข้อ (ภาคผนวก จ) ดังนี้

หน่วยการเรียนรู้ที่นักเรียน เรียนแล้วชอบที่จะเรียนด้วยบทเรียนนี้

หน่วยที่ 1 สารละลาย	ร้อยละ 28.12
หน่วยที่ 2 การแยกสารละลาย	ร้อยละ 18.75
หน่วยที่ 3 กรดและเบส	ร้อยละ 53.13

โดยรวมของบทเรียนนักเรียนมีความพอใจในระดับ

ชอบ	ร้อยละ 94.29
เฉย ๆ	ร้อยละ 5.71
ไม่ชอบ	ร้อยละ 0.0

จากการสอบถามเพิ่มเติมดังกล่าวแสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ซึ่งแบ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วยการเรียนรู้ จากความคิดเห็นของนักเรียนหลังจากการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ พบว่าหน่วยการเรียนรู้ที่นักเรียนชอบมากที่สุดคือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดและเบส คิดเป็นร้อยละ 53.13 รองลงมาคือหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องสารละลาย คิดเป็นร้อยละ 28.12 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การแยกสารละลาย คิดเป็นร้อยละ 18.75 เมื่อมองภาพรวมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ นักเรียนที่ได้เรียนส่วนใหญ่มีความชอบและพอใจ ร้อยละ 94.29

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การศึกษามีรายละเอียดและผลการวิจัย ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากบทเรียนที่พัฒนาขึ้นโดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น

สมมติฐานในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่องสารละลาย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่องสารละลาย สูงขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 4 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 145 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน จำนวน 34 คน ที่สุ่มมาจากประชากรดังกล่าว ด้วยวิธีการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย จำนวน 30 ข้อ
3. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เก็บข้อมูลโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน
2. ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่องสารละลาย โดยเรียน 1 คน ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
3. เก็บข้อมูลในการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์
4. เก็บข้อมูลหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย จำนวน 30 ข้อ (ข้อสอบชุดเดิมที่ได้ทำการสลับข้อ)
5. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่องสารละลาย หลังจากการเรียน
6. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังจบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยคิดเป็นร้อยละ จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ของคะแนนก่อนและหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้สถิติ t-test แบบ Correlated samples or dependent samples
3. วิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนจากการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สถิติค่าร้อยละ

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 81.18/80.20 ตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องสารละลาย มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 77.25 ส่วนหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการแยกสารละลาย และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดและเบส มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 86.18 และ 81.76 ตามลำดับ
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ เรื่อง สารละลาย พบว่าการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$) เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ที่วัดในแต่ละด้านทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำไปใช้ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นในทุกด้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย มีความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ด้านต่าง ๆ โดยรวมไปในแนวทางเดียวกันอยู่ในระดับสูง แสดงถึงอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและเหมาะสม

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิจัย อภิปรายผล ได้ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 81.18/80.20 ตามเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ซึ่งผลการวิจัยข้างต้นเป็นค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบระหว่างเรียน มีค่าร้อยละ 81.18 และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าร้อยละ 80.20 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

ประการแรก การพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เป็นการใช้รูปแบบร่วมกันระหว่างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) และแบบศึกษาเนื้อหาใหม่(Tutor) ทำให้นักเรียนได้รับความรู้จากเนื้อหาประกอบการจำลองสถานการณ์ให้มีความชัดเจนในเนื้อหามากขึ้น อีกทั้งภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เป็นส่วนช่วยสร้างความเข้าใจที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของคริสแมน (Crisman. 1995 : 3727) ที่พบว่า การเรียนแบบศึกษาเนื้อหาตามด้วยแบบจำลองสถานการณ์ผลคะแนนจากการเรียนรู้เพิ่มขึ้น

ประการที่สอง ในขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งผลการประเมินมีความเห็นสอดคล้องกันว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดีและดีมาก ทั้งนี้ได้มีการปรับปรุงแก้ไขในข้อเสนอแนะตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพและความเชื่อมั่นอยู่ในระดับที่ยอมรับ รวมทั้งได้มีการให้นักเรียนกลุ่มเล็ก 3 คน และกลุ่มปานกลาง 9 คน ทดลองใช้เพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วย เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์มากที่สุด ก่อนนำไปใช้ในการเรียนกับกลุ่มตัวอย่างจริง จึงเป็นสิ่งที่เชื่อถือได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นนี้มีคุณภาพนำไปใช้ในการเรียนได้ สอดคล้องกับข้อคิดเห็นของ ทศนีย์ ชื่นบาน (2539 : 31) ที่ว่า ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ถ้าได้รับการพัฒนาแล้วก็สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประการที่สาม บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อที่นักเรียนให้ความสนใจในเบื้องต้น เมื่อนักเรียนได้เรียนบทเรียนที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดีโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเพลิดเพลินกับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อีกทั้งมีการเสริมแรงกลับทันทีในสิ่งที่นักเรียนสามารถทำได้หรือตอบถูกต้อง ทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของ สถาพร สาธุการ (2540 : 109 – 119) ที่กล่าวว่าบทเรียนควรมีการเสริมแรงด้วยข้อมูลป้อนกลับอย่างทันทีทันใดทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประการสุดท้าย ในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนักเรียนสามารถเข้าไปมีส่วนร่วมในบทเรียนได้อย่างอิสระ คือนักเรียนเป็นผู้จัดลำดับขั้นตอนการเรียนเองว่าสนใจที่จะเรียนสิ่งไหนก่อนหลังอย่างไร จะให้ไปข้างหน้าหรือถอยหลัง การยืนยันที่จะเข้าไปเรียนในแต่ละส่วนด้วยตัวของนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนมีความสบายใจ ทำทหาย รวมทั้งสร้างความสนุกสนานและเพลิดเพลินแก่นักเรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี สอดคล้องกับข้อคิดของ อุทัย ดุลยเกษม (2543 : 44-84) ที่ว่า การเรียนรู้ที่ดีจะเกิดขึ้นได้ ถ้าผู้เรียนสามารถกำหนดขั้นตอน และวิธีการเรียนด้วยตนเองได้มาก รวมทั้งสิ่งแวดล้อมในการเรียนควรจัดบรรยากาศที่เอื้อให้เกิดการเรียนรู้มีความสุข ปราศจากความกดดัน ไม่ควรตั้งอยู่บนพื้นฐานของความบีบคั้นหรือความทุกข์

นอกจากนี้เมื่อแยกรายละเอียดคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องสารละลาย มีคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 77.25 ส่วนหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการแยกสารละลาย และหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดและเบส มีคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 86.18 และ 81.76 ตามลำดับ พบว่าหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ประสิทธิภาพไม่เป็นตามเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งแปลกใหม่ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 นี้ ซึ่งนักเรียนยังไม่คุ้นเคยต้องอาศัยการปรับตัวในการเรียนลักษณะนี้ด้วย อีกทั้งนักเรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนในบทเรียนเองตามความสนใจ จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนหนึ่ง ในช่วงแรกไม่สนใจเรียนรู้เนื้อหาวิชานัก มักมุ่งทำแบบทดสอบ สอดคล้องกับคำกล่าวของ สุทธินันท์ ปรัชญพฤทธิ์ (2543 : 81) ที่ว่า การศึกษายุคนี้ มุ่งไปที่การเรียนรู้เพื่อหาคะแนนมากกว่าที่จะหาความจริง กับแนวคิดของครรชิต มัลยวงศ์. (2540 : 15) ที่ว่า ในปัจจุบันนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้สนใจการเรียนรู้ ไม่ได้สนใจที่จะเรียนให้ได้ความรู้ไปใช้งานแต่เรียนเพื่อให้ได้คะแนน จากข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นักเรียนสามารถเรียนซ้ำได้ตามต้องการ เมื่อนักเรียนพบว่าทำคะแนนไม่ได้จึงไปเรียนเนื้อหาเพื่อให้ได้ความรู้ในสิ่งที่ตนเองยังไม่รู้ ซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้จะ เป็นในช่วงแรก ๆ ของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเมื่อคุ้นเคยกับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์แล้ว นักเรียนก็จะเรียนด้วยความสนใจ ทำให้คำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยในหน่วยที่ 2 และหน่วยที่ 3 มีคะแนนสูงกว่าหน่วยที่ 1

เมื่อพิจารณาหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กับหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และ 3 พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 จะมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดใน 3 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งส่วนใหญ่ นักเรียนจะเรียนได้ด้วยความตั้งใจ เรียนได้เร็วขึ้นกว่า หน่วยการเรียนรู้แรก คะแนนเฉลี่ยจึงได้สูง การเรียนบทเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พบว่าคะแนนเฉลี่ยลดต่ำกว่าหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการที่นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มากขึ้น จึงทำให้บทเรียนกระตุ้นความสนใจได้น้อยลง ทั้ง ๆ ที่การสอบถามความคิดเห็นนักเรียนส่วนใหญ่พึงพอใจหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดและเบส ร้อยละ 53.13 ซึ่งเป็นอันดับสูงสุดใน 3 หน่วยการเรียนรู้ เป็นข้อแสดงให้เห็นว่าการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ครั้งนี้ ช่วงแรกนักเรียนต้องอาศัยการปรับตัวบ้าง พฤติกรรมในการเรียนรู้จึงน้อย เมื่อคุ้นเคยกับบทเรียนมากขึ้น(หน่วยการเรียนรู้ที่ 2)ช่วงนี้จะเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด พฤติกรรมในการเรียนรู้สูง เมื่อปรับตัวได้ บทเรียนที่เราให้ก็เกิดการเรียนรู้ก็ถือเป็นเรื่องปกติไปด้วย จึงส่งผลไปยังคะแนนเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของ ขนิษฐา ชานนท์ (2539 : 9 –13) ได้กล่าวว่า ประสบการณ์เรียนด้านคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่แปลกใหม่ในช่วงแรก แต่ผลของความแปลกใหม่นี้จะค่อย ๆ ลดลง เมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับเครื่องคอมพิวเตอร์

อนึ่ง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการแยกสารละลายที่ผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ เมื่อพิจารณาเนื้อหาในหนังสือเรียน ว 101 วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนใช้เรียนตามปกติ พบว่าเป็นเนื้อหาเรื่องแรก ๆ ในบทที่ 3 เรื่องสารรอบตัว ซึ่งในการเก็บข้อมูลวิจัย กลุ่มตัวอย่างได้เรียนหัวข้อการแยกสารเนื้อผสมและการแยกสารเนื้อเดียวไปแล้วบ้าง จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความรู้ในเรื่องนี้อยู่บ้าง ซึ่งเมื่อสอบถามความคิดเห็นนักเรียนจึงส่งผลให้เห็นว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการแยกสารละลาย นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความชอบน้อยที่สุดใน 3 หน่วยการเรียนรู้ด้วย ร้อยละ 18.75 แต่คะแนนเฉลี่ยในหน่วยที่ 2 นี้ มีคะแนนสูงกว่าทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื้อหาเรื่องการแยกสารละลายแยกออกมาเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อย่างชัดเจน และเรื่องการแยกสารละลายเป็นเรื่องพื้นฐานที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว เช่น การระเหยแห้ง การกลั่น และการตกผลึก จึงทำให้นักเรียนเรียนรู้เรื่องนี้ได้ดี ทำให้คะแนนเฉลี่ยสูง อีกทั้งใน

บทเรียนคอมพิวเตอร์นำเสนอภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหวในบางเนื้อหาทำให้เห็นเป็นรูปธรรมประกอบกับมีคำอธิบาย จึงทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($p = .000$) ในทุกด้านที่วัด คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำไปใช้ เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพของบทเรียนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านส่วนนำของบทเรียน เนื้อหาบทเรียน การออกแบบระบบการเรียนการสอนและส่วนประกอบด้านมัลติมีเดีย ซึ่งผลการประเมินมีความเห็นโดยรวมไปในแนวทางเดียวกันอยู่ในเกณฑ์ดีและดีมาก อีกทั้งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ผ่านการหาประสิทธิภาพเป็นตามเกณฑ์ 80/80 และมีการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องเหมาะสมกับนักเรียน จึงถือว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2541 : 285) ที่พบว่า บทเรียนที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และ ชาตรี เกิดธรรม (2542 : 221) ที่พบว่า สื่อคอมพิวเตอร์ มีอิทธิพลต่อการเรียนการสอนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นสื่อการเรียนรู้แบบใหม่ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จึงทำให้นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนด้วยสื่อชนิดนี้ อีกทั้งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถนำเสนอเนื้อหาเรื่องราวได้ครบถ้วนน่าสนใจ ซึ่งมีทั้งรูปภาพ สี มีการเคลื่อนไหวที่จะช่วยให้นักเรียนเรียนด้วยความสนุกและสร้างความสนใจตลอดเวลาในขณะที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถเรียนรู้ได้ตามความสามารถของตนเองโดยไม่จำกัดเวลาด้วย ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2537 : 22 -23) ที่ว่า การเรียนการสอนรายบุคคลไม่สามารถที่จะบังคับผู้เรียนให้เป็นพิมพ์เดียวกันได้ในช่วงเวลาเท่ากัน เพราะผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามวิถีทางของตนเอง จึงจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และตั้งงานวิจัยของ ไพฑูรย์ จารุสาร (2536 : 52) ที่พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเวลาเรียนได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถเรียนตามความสามารถของตนเองได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างพบว่า ส่วนใหญ่นักเรียนชอบที่จะเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ร้อยละ 94.29

ประการที่สาม บทเรียนคอมพิวเตอร์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนที่จะเรียนเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ จึงทำให้นักเรียนทราบเป้าหมายในการเรียนที่ชัดเจน ทำให้รู้ว่าเรียนอะไร จึงทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ สร้างความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดี ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีด้วยสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2541 : 283) ได้ทำการศึกษาพบว่า การระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในตอนต้นของเนื้อหาแต่ละเรื่องทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ เนื้อหาในบทเรียนเรื่องสารละลาย เป็นส่วนหนึ่งในบทเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จึงทำให้การเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความหมายต่อนักเรียนมากขึ้น สอดคล้องกับข้อคิดของ อุทัย ดุลยเกษม (2543 : 44 - 45) ที่ว่า การเรียนรู้ที่ดีจะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนมีความชัดเจนในเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการเรียน และเป้าหมายของการเรียนนั้นมีความหมายกับตัวผู้เรียน

ประการที่สี่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีแบบทดสอบให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งเมื่อพบว่ามีความเข้าใจหรือไม่เข้าใจหรือทำแบบทดสอบไม่ได้ สามารถกลับไปศึกษาใหม่ให้เข้าใจได้อย่างรวดเร็ว และจะเรียนก็ครั้งก็ได้ จึงทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบตัวเองด้วยถึงเรื่องต่าง ๆ ที่ได้เรียนไปแล้วด้วย ข้อมูลป้อนกลับและการเสริมแรงแก่นักเรียน ในแบบทดสอบ ทั้งในข้อความ เสียง รูปภาพ เมื่อนักเรียนทำผิดก็สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้ทันที เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ สอดคล้องกับคำกล่าวของ สุพจน์ มงคลพิชญรักษ์ (2542 : 19) ที่ว่า ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เป็นลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะเป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และทราบผลความก้าวหน้าในการเรียนได้ทันที ผลดังกล่าวทำให้การสอบถามความคิดเห็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใน ข้อแบบทดสอบในหน่วยการเรียนรู้ นักเรียนให้ความเหมาะสมมาก ร้อยละ 88.24

ประการสุดท้าย รูปแบบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นเป็นแบบจำลองสถานการณ์ เป็นการออกแบบที่ส่งผลให้นักเรียนได้ปฏิบัติและฝึกทักษะในสถานการณ์จริงบนจอคอมพิวเตอร์ โดยปราศจากความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายหรือได้รับอันตรายจากอุปกรณ์การทดลอง และสารเคมีที่เป็นอันตราย ส่งผลนักเรียนสามารถเรียนได้โดยไม่ต้องวิตกกังวล มีการถ่ายทอดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับแนวคิดของ ประจักษ์นันท์ นิลสุข. (2543 : 48 – 50) ที่ว่า การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแบบจำลองสถานการณ์ เป็นแบบหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดี นอกจากนี้ บทเรียนมีการนำเสนอกระบวนการในการจำลองสถานการณ์ที่ให้นักเรียนกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ทำให้นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของบทเรียนที่ตนเองเป็นคนเลือกศึกษาเอง การเรียนจึงมีความหมายโดยตรงต่อนักเรียนเพราะนักเรียนเป็นคนเลือกในสิ่งที่ตนสนใจ สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ดังที่ วัฒนพร ระเบียบทุกซ์ (2541 : 11) กล่าวว่า การที่ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความพร้อมและกระตือรือร้นที่จะเรียนอย่างมีชีวิตชีวา ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นพบว่า มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นในทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำไปใช้ รวมทั้งได้มีการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนให้มีคุณภาพ จึงทำให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นและมีประสิทธิภาพเพียงพอที่นำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลายในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับนักเรียนและครูผู้สอนในเรื่องสารละลาย จากที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์เหมาะสมในการนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของบูลเนอร์ (Bonner. 1991 : 103) ที่ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์เป็นวิธีการสอนอย่างหนึ่ง ที่ครูสามารถนำไปใช้ให้นักเรียนได้เรียนเพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ของแต่ละวิชาได้

อนึ่ง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ส่วนใหญ่จะมีความคิดเห็นดีหรือเหมาะสมในทิศทางที่มาก อาจเป็นผลเนื่องจากสาเหตุดังนี้

ด้านส่วนนำของบทเรียน ที่สอบถามถึงคำอธิบายการใช้บทเรียนเข้าใจได้ง่าย นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 79.41 แสดงให้เห็นว่าเมื่อนักเรียนอ่านคำแนะนำการเรียนในบทเรียนคอมพิวเตอร์แล้วส่วนใหญ่เข้าใจสามารถ ปฏิบัติได้ดี

ด้านการใช้ภาษา ที่สอบถามว่า ภาษาถูกต้องเหมาะสมต่อผู้เรียน นักเรียนให้ความคิดเห็นในระดับ มากร้อยละ 94.12 แสดงให้เห็นว่าภาษาที่ใช้สามารถสื่อสารต่อนักเรียนได้ดี เป็นเพราะในขั้นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเนื้อหาก่อนที่จะนำมาสร้างและปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง ในข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ อีกทั้งได้มีการทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเล็กมาก่อน จึงมีการปรับปรุงแก้ไข ให้มีข้อบกพร่องน้อยที่สุด

ด้านเนื้อหาของบทเรียน ข้อคำถามที่ว่า เนื้อหาชัดเจนศึกษาเข้าใจได้ง่าย และภาพประกอบช่วยทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 85.29 มีความต่อเนื่องของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ความยาวของการนำเสนอแต่ละหน่วยเหมาะสม และตอบสนองความสนใจของผู้เรียนแต่ละบุคคล นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 70.59 และแบบทดสอบเหมาะสมกับบทเรียน นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 88.24 แสดงให้เห็นว่า เนื้อหาในบทเรียนมีความชัดเจนในการเรียนรู้ รวมทั้งมีภาพประกอบในเนื้อหาทำให้เรียนเข้าใจได้ง่าย แต่พบว่านักเรียนให้ความคิดเห็นในคำถามที่ว่ามีความต่อเนื่องของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ในระดับมากเพียงร้อยละ 70.59 ทั้งนี้เพราะในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เป็นอิสระแก่กัน ซึ่งนักเรียนจะเรียนหน่วยการเรียนรู้ไหนก่อนหลังก็ได้ จึงทำให้เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้ต้องมีความสมบูรณ์อยู่ในตัวเองไม่ต่อเนื่องกัน แต่อาจจะมีผลสอดคล้องของเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้บ้าง ในข้อคำถามความยาวของการนำเสนอแต่ละหน่วยการเรียนรู้เหมาะสม นักเรียนจะให้ระดับความคิดเห็นมากเพียงร้อยละ 70.59 เป็นเพราะนักเรียนส่วนใหญ่ชอบที่จะเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นสื่อใหม่สำหรับนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกใช้เวลาในการเรียนน้อยไปน่าจะมีมากกว่านี้ เพราะในข้อเสนอแนะในแบบสอบถามมีนักเรียนเขียนบอกว่า “น่าจะมีการเรียนเช่นนี้ในเรื่องอื่น ๆ อีก” ในข้อคำถามแบบทดสอบเหมาะสมกับบทเรียน นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 88.24 แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบในบทเรียนมีความเหมาะสมเมื่อนักเรียนเรียนแล้วสามารถทำแบบทดสอบได้ และแบบทดสอบให้ข้อมูลป้อนกลับทันทีไม่ว่าจะตอบถูกหรือผิดทำให้สามารถตรวจสอบตัวเองได้ทันที และข้อคำถามที่ว่าตอบสนองความสนใจของผู้เรียนแต่ละบุคคล นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 70.59 จากการสังเกตของผู้วิจัยจะพบว่านักเรียนแต่ละคนใช้เวลาเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ต่างกัน บางคนใช้เวลาเรียนน้อย บางคนใช้เวลามาก ขึ้นกับการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล

ด้านการออกแบบบทเรียน มีข้อคำถามที่ว่า ตัวอักษรมีขนาด และสีที่อ่านได้ง่ายชัดเจน การใช้บทเรียนง่าย สะดวก นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 76.47 สีพื้นหรือรูปภาพประกอบเหมาะสม นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 79.42 ต้องการเรียนลักษณะแบบนี้กับเรื่องอื่นอีก นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับมากร้อยละ 85.29 ส่วนข้อคำถามดนตรีประกอบเหมาะสมกับบทเรียน ไม่มีนักเรียนตอบในข้อนี้เพราะในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ฟังเสียงแก่นักเรียน แสดงให้เห็นว่า ตัวอักษรมีขนาด สีที่อ่านได้ง่ายชัดเจน บทเรียนใช้ได้ง่าย สะดวก สีพื้นมีความเหมาะสม นักเรียนต้องการที่จะเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่องอื่น ๆ อีก

จากแบบสอบถามที่มีข้อสอบถามเพิ่มเติม 2 ข้อ พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่นักเรียนมีชอบมากที่สุด คือ หน่วยที่ 3 เรื่องกรดและเบส นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับร้อยละ 53.13 รองลงมาคือ หน่วยที่ 1 เรื่อง สารละลาย นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับร้อยละ 28.12 และสุดท้ายหน่วยที่ 2 เรื่อง การแยกสารละลาย นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับร้อยละ 18.75 แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ชอบหน่วยที่ 3 เรื่อง กรดและเบสมากที่สุด และความพอใจของนักเรียนโดยรวมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ อยู่ในระดับใด นักเรียนให้ความคิดเห็น ในระดับชอบร้อยละ 94.29 แสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ชอบบทเรียนนี้

จะเห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อสมัยใหม่ที่ส่วนใหญ่ักเรียนชอบที่จะเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการนำเสนอเนื้อหา รูปภาพ และแบบฝึกหัด อีกทั้งรูปแบบการนำเสนอค่อนข้างเข้าใจ และเพลิดเพลินตลอดเวลาในการเรียน สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรายวิชาที่เรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของชาติรี เกิดธรรม (2542 : 220) ที่ศึกษาพบว่า สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการดึงดูดความสนใจต่อผู้เรียนด้วยตัวของสื่อเองทำให้ผู้เรียนสนใจมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ควรประยุกต์ควบคู่กับการสอนปกติ โดยควรจัดใช้ลักษณะสอนซ่อมเสริม ทบทวนความรู้ เริ่มต้นการเรียนรู้ และสรุปบทเรียน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ได้ครบถ้วนในทุกด้าน ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย เป็นการมุ่งให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถเต็มตามศักยภาพในทุกด้าน
2. ก่อนทำการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ ครูควรชี้แจงและแนะนำการใช้คอมพิวเตอร์ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเบื้องต้นแก่นักเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคย และป้องกันการเกิดปัญหาจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขณะที่เรียน
3. ในขณะที่ผู้เรียนกำลังเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครูควรดูแลให้คำแนะนำช่วยเหลือ และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างเรียน พร้อมทั้งคอยสังเกตพฤติกรรมในการเรียนของผู้เรียน ซึ่งเป็นการติดตามผลการเรียนของผู้เรียนด้วย
4. ครูผู้สอนสามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ไปใช้ในศูนย์การเรียนรู้ด้วยตนเองที่มีอยู่ในโรงเรียน หรือห้องสมุด เป็นการสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้มีแหล่งการเรียนรู้ที่มีอยู่ ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการศึกษาหาความรู้ของผู้เรียนและผู้สนใจ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เร้าความคิด โดยมีคำถามกระตุ้นให้คิดในแต่ละบทเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเป็นแนวทางในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ในส่วนที่เกี่ยวกับการคิดหัวข้อเรื่องและแนวทางการปฏิบัติสำหรับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในเรื่องสารละลาย
2. ควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในรูปแบบการเรียนรู้ ตามแนวคิดและทฤษฎีการเสริมสร้างความรู้ (Constructivism) โดยผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสืบค้นด้วยตนเอง เช่น รูปแบบการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของ การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based) การเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมกัน (Cooperative Learning) และการเรียนการสอนโดยการแก้ปัญหา (Problem-Solving) ทั้งนี้ควรมีการสร้างรูปแบบที่เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับ
3. ควรศึกษาผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ ในลักษณะต่าง ๆ เช่น ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการทดลองจริง และการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงอย่างเดียว เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดตัดสินใจและคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

4. ควรมีการสร้างและพัฒนาบทเรียนแบบจำลองสถานการณ์ เป็นหน่วยย่อยเฉพาะเรื่องในลักษณะชุดการเรียนรู้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนตามความถนัดและสนใจ เพื่อศึกษาเจตคติต่อบทเรียน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5. ควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ในเรื่องอื่น ๆ หรือในรายวิชาอื่น โดยเฉพาะเรื่องที่เป็นนามธรรมสูง อันตราย ใช้เวลานาน หรือสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เหมาะอย่างยิ่งที่จะพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรรณิการ์ อัฐมโนลาภ. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนวิชา คอมพิวเตอร์เบื้องต้น ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ระหว่างวิธีสอนแบบ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบบรรยาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(ธุรกิจศึกษา) กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กฤษณา ชูติมา. (2540). หลักเคมีทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 14 กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขนิษฐา ชานนท์. (2532, เมษายน-มิถุนายน). "เทคโนโลยีการศึกษาคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน," เทคโนโลยีทางการศึกษา. 1(1) : 7-13.
- (2539, กรกฎาคม – สิงหาคม). "เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน," วารสาร NETEC. 1(4) : 9 - 13
- คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้. (2543). การปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- คมกริบ เคนบุปผา. (2533). นวัตกรรมการศึกษาเรื่องสถานการณ์จำลอง. อุบลราชธานี : ศูนย์การศึกษา นอกโรงเรียน.
- ครรชิต มัลลียงศ์. (2540). ทักษะไอที. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ แห่งชาติ
- จันทนา บุญภรณ์. (2539). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุวิทย์วิทยา จังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2538. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา) กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์. (2541). เคมีทั่วไปเล่ม1. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2542). การศึกษาผลการใช้ฐานข้อมูลการเรียนรู้แบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นต่อผลการเรียนวิชา ชีววิทยา (ว 042) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.
- แซง, เรย์มอนด์. (2542). เคมี(เล่ม 1)=Chemistry. นกตล ไชยคำ, พีรพรรณ พันธุมนาวันและลัดดาวัลย์ ผดุงทรัพย์ กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร

- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2541). คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2543, มกราคม – เมษายน). "การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในยุคแห่งการปฏิรูปการศึกษา," วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 4(3) 25-42
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและการผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.
- . (2526). เคมี เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย.
- ทักษิณา สนวนานนท์. (2530). คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ. : องค์การคำคุณสุภา.
- ทัศนีย์ ชื่นบาน. (2539, เมษายน – มิถุนายน). "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน," วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา. 8(18) : 31
- ธงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ศิลป์ รูปพนม และปรีชาญู เดชศรี. (2526). "การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์." ในเอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8 - 15. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นงนุช วรรณหวะ. (2535). เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการระดับชาติเรื่องคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ถ่ายเอกสาร.
- . (2535ข, มีนาคม). "คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน," วารสารรามคำแหง. 15(2) : 19 - 30.
- บุญสืบ พันธุ์ดี. (2537). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรียญานิพนธ์ กศ.ด.(เทคโนโลยีการศึกษา) กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. (2539). มัลติมีเดียในการสอน, มัลติมีเดีย CAI. (เอกสารประกอบการอบรม). กรุงเทพฯ. สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : ถ่ายเอกสาร.
- เบญจวรรณ โรจน์พานิช. (2540). ผลการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้ภาพจำลองสถานการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.(ศึกษาศาสตร์-การสอน) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ประทุม อัทธชู. (2535). เอกสารประกอบการสอนวิชาการสร้างแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). "หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่," ในเอกสารการนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 233. กรุงเทพฯ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสารหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู. ถ่ายเอกสาร.

- ประวิทย์ บึงสว่าง. (2537). การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์สรุปผลการทดลองเรื่องปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี. ศศ.ม.(ศึกษาศาสตร์-การสอน) กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ปริญญนันท์ นิลสุข. (2542, พฤษภาคม - สิงหาคม). "การควบคุมโดยผู้เรียนกับการควบคุมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน," วารสารวิทยบริการ 10(2) 21 –28.
- . (2543, พฤศจิกายน – มีนาคม). "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบจำลองสถานการณ์," วารสารศึกษาศาสตร์ 12(2) 47 –58.
- พระธรรมปิฎก (ป.อ.ปยุตฺโต). (2541). แง่คิดเกี่ยวกับการปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). การสร้างและการพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- . (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไพฑูรย์ จารุสาร. (2536). ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากการกำหนดอัตราความก้าวหน้าสองแบบและโอกาสในการเลือกอัตราความก้าวหน้าของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(เทคโนโลยีการศึกษา) กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพศาล หวังพานิช. (2523). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ยีน ภูววรรณ. (2531, กุมภาพันธ์). "การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน," ไมโครคอมพิวเตอร์. ปีที่ (36) : 121.
- รุ่ง แก้วแดง. (2542). ปฏิบัติการศึกษไทย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน
- ลัดดา มีสุข. (2539). เคมี เล่ม 1 ฉบับรวบรัด. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วสันต์ อติศัพท์. (2538, มกราคม – เมษายน). "คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการศึกษาในระดับอุดมศึกษา." วารสารวิทยบริการ. 6(1) : 49 – 52.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : ต้นอ้อ 1999.
- วันเพ็ญ เขียนเอี่ยม. (2539.) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบไฮเปอร์มีเดีย ในการสอนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (ศึกษาศาสตร์-การสอน) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

- วิชัย วงษ์ใหญ่. *พลังการเรียนรู้ในกระบวนทัศน์ใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ. : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิทยากร เชื้องกุล. (2541). *รายงานสภาวะการศึกษาไทยปี 2540*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- วินัย เลิศเกษมสันต์. (2542). *การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ เรื่อง “แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่” ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลองประกอบชุดการเรียนรู้การสอนกับการสอนตามปกติ*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิลาวรรณ ขาแท่น. (2537). *ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทบทวน เรื่อง กลไกมนุษย์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์. ศศ.ม. (ศึกษาศาสตร์-การสอน) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วุฒิชัย ประสารสอย. (2543). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน:นวัตกรรมเพื่อการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี. เจ.พรินติ้ง.
- ศศิเกษม ทองยงค์, พรณี เดชกำแหง. (2524). *เคมีทั่วไป*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2534). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ถ่ายเอกสาร
- . (2543). *เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการวิทยากรแกนนำ วิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาพร สาธุการ. (2540, ตุลาคม). “การพัฒนาและประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียทางการศึกษา” *ทับแก้ว*. 4(3) :109
- สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก. (2541). *การพัฒนาวัตกรรมการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอนแบบมัลติมีเดียสำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์คลื่น*. ปรินญานิพนธ์. กศ.ด.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมพงษ์ สุริยะวงศ์. (2542). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง “การหมุนเวียนของเลือดและก๊าซ”*. ปรินญานิพนธ์. กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สมศักดิ์ กิจสุขจิต. (2530). *การจำลองกิจกรรมในห้องปฏิบัติการเคมีโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์*. วิทยานิพนธ์.

ค.ม.(การสอนวิชาวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

สันทัต ศิริอนันต์ไพบูลย์, ขนิษฐา ชัยรัตนวรรณ. (2542). *เคมีวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). *ความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติ พ.ศ.2543*.

กรุงเทพฯ. : บริษัท เซเว่น พรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด.

สำเร็จ เวชสุนทร. (2533,มิถุนายน). "การใช้สถานะการณ์จำลองในวิทยาลัยครู," *คุรุปริทัศน์*. 5(2) : 18 - 19.

สิปปนนท์ เกตุทัต. (2543). *สสวท. กับ พ.ร.บ.การศึกษาแห่งชาติ : การปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ถ่ายเอกสาร.

สุทธินันท์ ปรัชญพฤทธิ์. (2543, 30 กันยายน). "การสร้างและสอนหลักสูตรท้องถิ่นหมวดวิชา อะไรเอ่ย?,"

สารปฏิรูป. 3(30) : 81

สุพจน์ มงคลพิชญักษ์. (2542, 1 – 15 สิงหาคม). "CAI ใคร ๆ ก็สร้างได้จริงหรือ ?," *ปฏิรูปการศึกษา*.

1(22) : 19

เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. (2528). *เทคโนโลยีทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์ อุทสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อมรวิรัช นาคทรพร. (2540). *ความฝันของแผ่นดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : ธนาคารกสิกรไทย.

อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. (2530). *คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ. : กราฟแมนเพรส.

อุทัย ดุลยเกษม. (2543). *ศึกษาเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสตศึ-สฤษดิ์วงศ์

Alessi, M.S. and S.R. Trollip. (1985). *Computer Based Instruction*. New Jersey : Prentice-Hall Inc.

Bonner, J. (1991). *Computer Courseware : Frame-Based of Intelligent, Expert System and Intelligent Computer-Aided Instruction*. New Jersey: Education Technology. Publications.

Choi, B. and E Gennaro. (1987,June) . "The Effective of Using Computer Simulated Experiments on Junior High Students Understanding of The Volume Displacement Concepts," *Journal of Research in Science Teaching*. 19(24) : 539 – 552

Crisman, Jacquelyn Edith. (1995, September). "The Effects of Learning of Two Methods of Instruction in Four Different Combinations of Computer-Based Programs," *Dissertation Abstracts International*. 50(55) : 3727

- Hakerem, G. D. (1996, May) "The Effects of Computer Simulation in High School Chemistry," *Dissertation Abstracts International*. 49(11) : 4338-A
- Kettinger, W.J. (1991, August). "Computer Classrooms in Higher Education : An Innovation in Teaching," *Educational Technology*. 31(8) : 36 - 43
- Schultz, L.L. (1972). *Simulation in Social and Administrative Science*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall Inc.
- Taylor, R. (1980). *The Computer in Education: Tutor, Tool and Tutee*. New York : Teacher College Press.
- Wise, K.C. (February, 1980). "The Impact of Microcomputer Simulation on The Achievement and Attitude of High School Physical Science Student," *Dissertation Abstracts International*. 44(5) : 2432-A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

หนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเสนอแนะ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย
 - 1.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ศรีไพโรจน์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 1.2 รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์
ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 1.3 อาจารย์ ปราณี สุตสวัสดิ์
หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกระบี่พิทยาคม จังหวัดพังงา
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์
เรื่องสารละลาย ประกอบด้วย
 - 2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์
ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 2.2 อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ
สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 2.3 อาจารย์ ไพฑูรย์ จารุสาร
ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี จังหวัดลพบุรี



ที่ ทม ๑๐๑๒/ ๑ ๓ ๒๒

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท ๒๓ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ ๑๐๑๑๐

๒๒ มีนาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขต

ด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารละลาย”

บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาเห็นว่า คร.ศิริกานต์ ผาสุก เป็นผู้ทรงคุณวุฒิ มีความเหมาะสม อย่างยิ่งในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ จึงใคร่ขอเชิญเป็นกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิตผู้นี้

ทั้งนี้หวังว่าคงได้รับความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย ที่ท่านได้กรุณาให้ความเอื้อเฟื้อทางวิชาการแก่นิสิตของมหาวิทยาลัย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สำเริง บุญเรืองรัตน์)

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร.๒๕๘๔๑๑๕, ๖๖๔-๑๐๐๐ ต่อ ๕๖๔๔, ๕๖๔๖

โทรสาร ๒๕๘๔๑๑๕



บันทึกข้อความ

พระราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5726, 5644

ทบ 1012/ ๒๕๔๔

วันที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

จาก คณะบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัย
รัตนโกสินทร์วิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
แบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ
อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ
ศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง
สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ และแบบประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์
ของ สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้
นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา
นี้อีกด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5726, 5644

ที่ ทบ 1012/๒๕๔๕

วันที่ ๒๐ กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และแบบประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ 1012/ 2756

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

20 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนคุระบุรีพิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์ปราณี สุดสวาท เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และแบบประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5726, 5644

ที่ ทบ 1012/3112

วันที่ ๔/ สิงหาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
มา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ผู้ว่าราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5726, 5644

ที่ ทม 1012/311

วันที่ ๔1 สิงหาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ทม 1012/ 3110



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๑ สิงหาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์ไพฑูรย์ จารุสาร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ 3174



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๔๘ สิงหาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์การศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปราวณา วงศ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณี นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกลุ่มย่อยกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน และเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในระหว่างเดือน สิงหาคม 2544

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ได้ใช้สถานที่และเก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ที่ 1012/3306



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

7 กันยายน 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

ถึง ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ลพบุรี

ที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายโชคชัย สกลวิรัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องขอข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ และขอให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายโชคชัย สกลวิรัตน์ ได้เก็บข้อมูลการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย

ตาราง 11 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	ข้อคำถาม				ตัวเลือก			
	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1. **	1	0	1	0.67	1	0	1	0.67
2. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
3.	1	1	1	1.0	0	1	0	0.33*
4. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
5.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
6.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
7. **	1	0	1	0.6	1	1	1	1.0
8. **	0	0	1	0.3*	1	1	1	1.0
9.	1	0	1	0.6	1	1	1	1.0
10.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
11. **	1	0	1	0.6	1	1	1	1.0
12. **	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
13.	1	0	1	0.6	1	1	1	1.0
14.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
15. **	1	1	0	0.6	1	1	0	0.6
16.	0	0	1	0.3*	0	1	1	0.6
17.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
18. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
19. **	1	1	0	0.6	1	1	1	1.0
20. **	1	1	1	1.0	1	1	0	0.6
21.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
22. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
23. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
24.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
25.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
26.	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
27. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
28. **	1	1	0	0.6	1	1	1	1.0
29.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
30. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถาม				ตัวเลือก			
	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
31.	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
32. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
33. **	1	1	1	1.0	0	0	0	0*
34.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
35. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
36.	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
37.	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
38. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
39.	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
40.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
41.	1	1	0	0.6	1	0	1	0.6
42.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
43. **	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
44.	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
45. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
46.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
47. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
48. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
49.	1	0	1	0.6	1	0	1	0.6
50.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
51. **	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
52.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
53.	0	1	1	0.6	1	1	1	1.0
54.	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
55.	1	0	1	0.6	1	1	1	1.0
56. **	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6
57. **	0	0	1	0.3*	1	1	1	1.0
58. **	1	0	1	0.6	1	1	1	1.0
59. **	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
60. **	1	1	1	1.0	1	0	1	0.6

* เป็นข้อที่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้ทดสอบ

** ข้อสอบที่นำไปใช้ จำนวน 30 ข้อ กับกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 12 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลอง
สถานการณืวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย

เรื่องที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
<u>1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่องสารละลาย</u>				
- เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1	1	1	1
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	1	1	1
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	1	1	1
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	1	1	1
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	1	1	0	0.67
- ความเหมาะสมในการจำลองสถานการณ์	1	1	1	1
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา	1	1	1	1
<u>2. เนื้อหาและการดำเนินเรื่องการแยกสารละลาย</u>				
- เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1	1	1	1
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	1	0	0.67
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	1	1	1
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	1	1	1
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	1	1	1	1
- ความเหมาะสมในการจำลองสถานการณ์	1	1	1	1
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา	1	1	1	1
<u>3. เนื้อหาและการดำเนินเรื่องกรด-เบส</u>				
- เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1	1	1	1
- ความถูกต้องของเนื้อหา	1	1	1	1
- ความสอดคล้องของเนื้อหา	1	1	1	1
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1	1	1	1
- ความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียน	1	1	1	1
- ความเหมาะสมในการจำลองสถานการณ์	1	1	1	1
- ความเหมาะสมเวลาเรียนกับเนื้อหา	1	1	1	1

ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์
วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย
- ตารางแสดงผลวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย

ตาราง 13 แสดงการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาชีพวิทยาศาสตร์
เรื่องสารละลาย

รายการที่ประเมิน	ระดับการประเมิน					ค่าเฉลี่ย
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1	
1) ส่วนนำของบทเรียน						
เร้าความสนใจ,การให้ข้อมูลเบื้องต้น	1	2	0	0	0	4.33
2) เนื้อหาบทเรียน						4.25
2.1 มีความชัดเจน เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่	0	2	1	0	0	3.67
2.2 มีความถูกต้องตามหลักวิชา	1	2	0	0	0	4.33
2.3 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่นำเสนอ	2	1				4.67
2.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	1	2				4.33
3) การใช้ภาษา						
มีความถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน และสื่อความหมายได้ชัดเจน	2	1	0	0	0	4.67
4) การออกแบบระบบการเรียนการสอน						3.78
4.1 เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันโดยตลอด	1	2	0	0	0	4.33
4.2 ส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์	0	0	3	0	0	3.0
4.3 ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล	1	1	1	0	0	4.0
4.4 ความยาวของบทเรียน/เวลามีความเหมาะสม	0	2	1	0	0	3.67
4.5 มีเทคนิคในการถ่ายทอดเนื้อหาที่น่าสนใจ	0	2	1	0	0	3.67
4.6 มีรูปแบบการประเมินผลการเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียน	0	3	0	0	0	4.0
5) ส่วนประกอบด้านมัลติมีเดีย						4.67
5.1 ออกแบบหน้าจอได้เหมาะสมสวยงาม	3	0	0	0	0	5.0
5.2 ลักษณะขนาดตัวอักษร, สี, ความชัดเจนเหมาะสมกับผู้เรียน	3	0	0	0	0	5.0
5.3 ภาพกราฟิกเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา	1	2	0	0	0	4.33
5.4 เสียงดนตรีประกอบบทเรียนเหมาะสม น่าสนใจ	1	2	0	0	0	4.33

ตาราง 14 แสดงผลวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
เรื่องสารละลาย

ข้อที่	R _H	R _L	p	r	ข้อที่	R _H	R _L	p	R
1	33	20	0.53	0.26	16	39	29	0.68	0.2
2	24	11	0.35	0.26	17	41	22	0.63	0.38
3	30	16	0.46	0.28	18	46	16	0.62	0.6
4	41	20	0.61	0.42	19	33	21	0.54	0.24
5	23	11	0.34	0.24	20	44	24	0.68	0.4
6	35	22	0.57	0.26	21	37	9	0.46	0.56
7	27	15	0.42	0.24	22	42	23	0.65	0.38
8	43	26	0.69	0.34	23	39	13	0.52	0.52
9	30	12	0.42	0.36	24	41	23	0.64	0.36
10	44	27	0.71	0.34	25	50	25	0.75	0.5
11	28	18	0.46	0.20	26	42	24	0.66	0.36
12	27	16	0.43	0.22	27	23	7	0.30	0.32
13	35	21	0.56	0.28	28	31	10	0.41	0.42
14	41	21	0.62	0.4	29	43	31	0.74	0.24
15	38	25	0.63	0.26	30	33	16	0.49	0.34

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ 0.86

ภาคผนวก ง

- แสดงผลคะแนนจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียน
- แสดงผลคะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตาราง 15 แสดงผลคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน			คะแนนรวม (40)	ร้อยละ คะแนนรวม
	หน่วยที่ 1(15)	หน่วยที่ 2 (10)	หน่วยที่ 3(15)		
1	12	9	13	34	85
2	13	9	13	35	87.5
3	11	8	10	29	72.5
4	13	8	13	34	85
5	10	9	11	30	75
6	10	8	12	30	75
7	14	8	12	34	85
8	10	9	11	30	75
9	12	9	13	34	85
10	12	9	11	32	80
11	12	8	11	31	77.5
12	12	9	12	33	82.5
13	11	7	11	29	72.5
14	11	8	13	32	80
15	12	8	12	32	80
16	12	8	11	31	77.5
17	11	7	13	31	77.5
18	10	9	15	34	85
19	12	10	14	36	90
20	11	10	13	34	85
21	10	6	10	26	65
22	13	9	13	35	87.5
23	11	9	11	31	77.5
24	13	10	13	36	90
25	10	9	15	34	85
26	11	10	13	34	85
27	12	9	11	32	80
28	11	9	14	34	85
29	12	7	11	30	75
30	14	10	14	38	95

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน			คะแนนรวม (40)	ร้อยละ คะแนนรวม
	หน่วยที่ 1(15)	หน่วยที่ 2 (10)	หน่วยที่ 3(15)		
31	12	8	13	33	82.5
32	12	9	11	32	80
33	11	9	10	30	75
34	11	9	14	34	85
เฉลี่ย	11.59	8.62	12.26	32.47	81.18
ร้อยละ	77.25	86.18	81.76	81.18	

ตาราง 16 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

นักเรียน คนที่	คะแนนทดสอบ		นักเรียน คนที่	คะแนนทดสอบ	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน		ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	15	25	21	15	14
2	17	24	22	15	25
3	11	22	23	13	23
4	14	25	24	13	25
5	18	23	25	15	26
6	17	22	26	11	24
7	14	24	27	8	23
8	15	23	28	15	26
9	18	24	29	14	24
10	20	22	30	12	25
11	14	25	31	15	24
12	19	23	32	12	25
13	12	23	33	9	24
14	12	23	34	11	25
15	16	24			
16	11	26	เฉลี่ย	13.97	24.06
17	15	27			
18	17	26	ร้อยละ	46.57	80.20
19	11	22			
20	11	22			

ภาคผนวก จ

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
เรื่องสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
- แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์
วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
แบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก มีจำนวน 30 ข้อ ให้เวลาทำ 40 นาที
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย X ช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ ถ้าแก้ไขตัวเลือกให้ทำเครื่องหมาย = ทับตัวเลือกที่ไม่ต้องการ

ตัวอย่าง

0. พืชส่วนใหญ่มีใบสีเขียว

ก. สีแดง

ข. สีเขียว

ค. สีเหลือง

ง. สีนํ้าตาล

ถ้าเลือก ข้อ ข. ให้ทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้ ดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
0		X			

ต้องการแก้ไขตัวเลือกจากข้อ ง ให้ทำเครื่องหมาย = ทับตัวเลือกที่ไม่ต้องการ แล้วเลือกใหม่

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
0		X		=	

3. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนอักษรใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
4. เขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบ ให้ชัดเจน
5. ถ้ามีข้อสงสัยใด ๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ
6. ให้ส่งกระดาษคำตอบและข้อสอบคืนทั้งหมด ก่อนออกจากห้องสอบ

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นสารละลาย

- ก. น้ำนมสด
- ข. น้ำแป๊ปซี่
- ค. น้ำมันพืช
- ง. น้ำส้มคั้น

2. ข้อใดต่อไปนี้เป็นความหมายของ
“ตัวทำละลาย”

- ก. สารที่มีปริมาณน้อยกว่า มีสถานะเดียวกับสารละลาย
- ข. สารที่มีปริมาณมากกว่า มีสถานะเดียวกับสารละลาย
- ค. สารที่มีปริมาณน้อยกว่า มีสถานะต่างกับสถานะของสารละลาย
- ง. สารที่มีปริมาณมากกว่า มีสถานะต่างกับสถานะของสารละลาย

3. การตกผลึก หมายถึงข้อใด

- ก. สารละลายเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง
- ข. สารละลายไม่สามารถละลายได้อีกต่อไป
- ค. สารละลายอิ่มตัวได้รับความร้อน ละลายได้เพิ่มขึ้น
- ง. ตัวถูกละลายแยกตัวออกเป็นของแข็ง มีลักษณะเฉพาะของสาร

4. ตัวทำละลาย ของ “น้ำโซดา” คือข้อใด*

- ก. น้ำ
- ข. แก๊สออกซิเจน
- ค. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- ง. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจน

5. ตัวทำละลาย ของ “สุรา 40 ดีกรี” คือข้อใด*

- ก. น้ำ
- ข. น้ำโซดา
- ค. แอลกอฮอล์
- ง. น้ำและแอลกอฮอล์

6. ในการทดลอง เด็กชาย จุก ได้ทำการทดลองดังนี้

- 1) นำน้ำ 10 ลบ.ซม. ผสมสาร A 10 กรัมลงในบีกเกอร์คนให้เข้ากันเมื่อวางทิ้งไว้เกิดตะกอน
- 2) นำสารข้อ 1) ไปต้ม พบว่าใสเป็นเนื้อเดียวกัน

ข้อสรุปใดถูกต้อง

- ก. สารในข้อ 1) ไม่เป็นสารละลาย สารข้อ 2) เป็นสารละลาย
- ข. สารในข้อ 1) เป็นสารละลาย สารข้อ 2) ไม่เป็นสารละลาย
- ค. สารในข้อ 1) และ 2) ทั้งสองเป็นสารละลาย
- ง. สารในข้อ 1) และ 2) ไม่เป็นสารละลายทั้งสอง

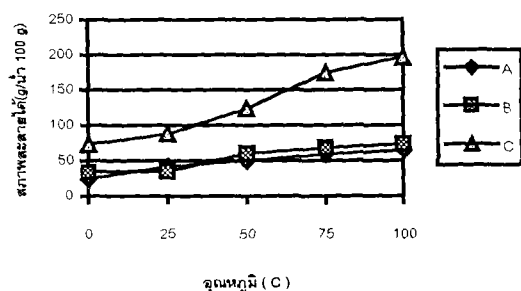
7. พิจารณาการทดลองต่อไปนี้

ใส่สาร A เป็นของแข็งจำนวน 3 ช้อน เบอร์ 1 ลงในของเหลว B 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมของเหลว C 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน นำของเหลวไปกรอง ปรากฏว่าไม่มีสิ่งใดตกค้างอยู่บนกระดาษกรองและของเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

ในการทดลองนี้ สารใดเป็นตัวถูกละลาย

- ก. A
- ข. A , B
- ค. B , C
- ง. A , C

การละลายของสาร A,B, C ที่อุณหภูมิต่าง ๆ
เป็นดังกราฟ



8. ความสัมพันธ์ระหว่างการละลายของสาร A , B , C กับอุณหภูมิเป็นอย่างไร
 - ก. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายคงที่
 - ข. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายลดลง
 - ค. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายเพิ่มขึ้น
 - ง. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายไม่แน่นอน
9. สารในข้อใดมีความเข้มข้นมากที่สุด
 - ก. สาร A จำนวน 6 กรัมละลายในน้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ข. สาร B จำนวน 15 กรัมละลายในน้ำ 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ค. สาร C จำนวน 20 กรัมละลายในน้ำ 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ง. สาร D มีความเข้มข้นร้อยละ 35
10. ถ้าต้องการสารละลายน้ำตาลทราย 80 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวล ต้องใช้น้ำตาลทรายจำนวนกี่กรัม
 - ก. 8
 - ข. 10
 - ค. 12
 - ง. 14

11. ในน้ำทะเลมีทองแดง 10 ppm มีความหมายตรงกับข้อใด
 - ก. น้ำทะเล 1 ลิตร มีทองแดงละลายอยู่ 10 กรัม
 - ข. น้ำทะเล 10 ลิตร มีทองแดงละลายอยู่ 10 กรัม
 - ค. น้ำทะเล 1 ลิตร มีทองแดงละลายอยู่ 10 มิลลิกรัม
 - ง. น้ำทะเล 10 ลิตร มีทองแดงละลายอยู่ 10 มิลลิกรัม
12. วิธีการใดไม่สามารถใช้แยกสารละลายได้
 - ก. การกลั่น
 - ข. การกรอง
 - ค. การระเหยจนแห้ง
 - ง. โครมาโทกราฟี
13. คุณแม่ให้นักเรียนไปชื้อน้ำตาลทราย ในระหว่างทางกลับบ้าน นักเรียนทำถุงน้ำตาลทรายตกแตกทำให้น้ำตาลทรายรวมกับกรวดทราย นักเรียนจะมีวิธีการแยกเอาน้ำตาลทรายได้อย่างไร
 - ก. หยิบเม็ดกรวดเม็ดทรายออก
 - ข. ละลายน้ำแล้วกรอง , ระเหยแห้ง
 - ค. ละลายน้ำแล้วกรอง , โครมาโทกราฟี
 - ง. ไม่สามารถแยกได้แล้ว ทั้งอย่างเดียว
14. ในกระบวนการใดไม่เกี่ยวข้องกับการตกผลึก
 - ก. การทำนาเกลือ
 - ข. การทำน้ำตาลมะพร้าว
 - ค. การทำน้ำตาลทราย
 - ง. การทำน้ำตาลสด
15. การแยกน้ำมันดิบ ได้น้ำมันต่าง ๆ หลายชนิด ใช้วิธีการใด
 - ก. การกลั่น
 - ข. การกรอง
 - ค. การกลั่นลำดับส่วน
 - ง. วิธีการโครมาโทกราฟี

16. การเกิดผลึกเกี่ยวข้องกับข้อใดมากที่สุด

- ก. สารละลายเจือจาง
- ข. สารละลายเข้มข้น
- ค. สารละลายอิ่มตัว
- ง. สารละลายมาตรฐาน

17. โคโรมาโทกราฟี เหมาะกับการแยกสารในข้อใด

- ก. สารละลายสารส้ม
- ข. สารละลายหมึกสีดำ
- ค. สารละลายแอมโมเนีย
- ง. สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต

18. กระบวนการแยกสารละลายข้อใดไม่ใช่

ความร้อน

- ก. การตกผลึก
- ข. การกลั่นปกติ
- ค. โคโรมาโทกราฟี
- ง. การระเหยจนแห้ง

19. ของเหลวสี 2 บีกเกอร์ เมื่อนำไประเหยจนแห้ง พบว่า

บีกเกอร์ที่ 1 มีของแข็งเหลืออยู่

บีกเกอร์ที่ 2 ไม่เหลืออะไรเลย

นักเรียน สรุปว่าอย่างไร

- ก. บีกเกอร์ทั้ง 1 และ 2 เป็นสารละลายทั้งหมด
- ข. บีกเกอร์ที่ 1 และ บีกเกอร์ที่ 2 ไม่เป็นสารละลาย
- ค. บีกเกอร์ที่ 1 เป็นสารละลาย บีกเกอร์ที่ 2 ไม่เป็นสารละลาย
- ง. บีกเกอร์ที่ 1 เป็นสารละลาย บีกเกอร์ที่ 2 อาจเป็นหรือไม่เป็นสารละลายก็ได้

20. สารต่อไปนี้ ข้อใดมีสมบัติแตกต่างไปจากสารอื่น

- ก. น้ำโซดา
- ข. น้ำปูนใส
- ค. น้ำมะนาว
- ง. น้ำส้มสายชู

21. สารที่มี pH = 5 ทดสอบกับกระดาษลิตมัสมีสมบัติในข้อใด

ตัวเลือก	กระดาษลิตมัส	
	สีน้ำเงิน	สีแดง
ก	เปลี่ยนเป็นสีแดง	-
ข	-	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน
ค	-	-
ง	เปลี่ยนเป็นสีแดง	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

22. ข้อใด ไม่ใช่ สมบัติของกรด

- ก. นำไฟฟ้าได้
- ข. กัดกร่อนโลหะได้
- ค. ทำปฏิกิริยากับหินปูนทำให้เกิดฟองแก๊ส
- ง. ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมไนเตรทให้แก๊สแอมโมเนีย

23. นักเรียนทำของเหลวสีชนิดหนึ่งทดลองพ่นปูน เกิดเป็นฟองและพ่นปูนผุกร่อน ของเหลวที่หก น่าจะเป็นสารในข้อใด

- ก. น้ำ
- ข. น้ำส้มสายชู
- ค. สารละลายโซเดียมคลอไรด์
- ง. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตารางการทดลองสาร A , B , C และ D ได้ผลดังนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 24 และ 25

สาร	การทดสอบ				
	กระดาษลิตมัส		หินปูน	อะลูมิเนียม	เงินเขียนไวโอเลต
	แดง	น้ำเงิน			
A	-	แดง	ฟองแก๊ส	-	-
B	-	-	-	-	-
C	น้ำเงิน	-	-	ฟองแก๊ส	-
D	-	แดง	ฟองแก๊ส	-	เขียว

- หมายถึง ไม่เปลี่ยนแปลง

24. ถ้านำสาร B มาวัดค่า pH น่าจะมีค่าเท่าใด

- ก. 1
- ข. 5
- ค. 7
- ง. 10

25. สาร A , B เป็นสารในข้อใด ตามลำดับ

- ก. น้ำส้มสายชู , น้ำ
- ข. น้ำสบู่ , น้ำส้มสายชู
- ค. น้ำปูนใส , น้ำมะนาว
- ง. น้ำส้มสายชู , น้ำปูนใส

26. นักเรียนชื่อน้ำส้มสายชูมาปรุงอาหาร เมื่อทดสอบกับเจนเขียนไวโอเลตพบว่าเปลี่ยนเป็นสีเขียวม่น้ำเงิน นักเรียนควรทำอย่างไร

- ก. ใช้ปรุงอาหารได้ตามปกติ
- ข. ทิ้งไปไม่ควรนำปรุงอาหาร
- ค. ผสมน้ำมะนาวก่อนนำปรุงอาหาร
- ง. ผสมน้ำให้มาก ๆ ก่อนนำปรุงอาหาร

27. น้ำส้มปรุงรสตามร้านขายอาหารสังเกตได้
อย่างไรว่าเป็นกรดที่ได้จากแร่ธาตุ

- ก. สีเข้ม
- ข. รสเปรี้ยวจัด
- ค. พริกสดเปรี้ยว
- ง. ถูกทุกข้อ

28. กรดในข้อใดทดสอบด้วยเจนเขียนไวโอเลต
ไม่เปลี่ยนสีของเจนเขียนไวโอเลต

- ก. กรดแอซติก
- ข. กรดซัลฟิวริก
- ค. กรดคาร์บอนิก
- ง. กรดไฮโดรคลอริก

29. ฝนกรด เกิดขึ้นได้อย่างไร

- ก. น้ำฝน + ฝุ่นในอากาศ
- ข. น้ำฝน + แก๊สไนโตรเจนในอากาศ
- ค. น้ำฝน + แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ
- ง. น้ำฝน + แก๊สออกซิเจน และฝุ่นละอองในอากาศ

30. ถ้านำน้ำฝนที่มีสมบัติเป็นกรดมาทดสอบกับเจนเขียนไวโอเลตจะเป็นเช่นไร

- ก. ไม่เปลี่ยนแปลง
- ข. เปลี่ยนเป็นสีแดง
- ค. เปลี่ยนเป็นสีเขียว
- ง. เปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้มขึ้น

แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์
 วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารละลาย” ที่ท่านกำลัง
 ประเมินอยู่นี้ท่านมีความคิดเห็นในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ช่องประเมินตามความคิดเห็นของท่าน

รายการที่ประเมิน	ระดับการประเมิน					หมายเหตุ
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1	
1) ส่วนนำของบทเรียน เร้าความสนใจ,การให้ข้อมูลเบื้องต้น						
2) เนื้อหาบทเรียน						
2.1 มีความชัดเจน เชื่อมโยงความรู้เดิมกับ ความรู้ใหม่						
2.2 มีความถูกต้องตามหลักวิชา						
2.3 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่นำเสนอ						
2.4 มีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน						
3) การใช้ภาษา มีความถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน และสื่อความหมายได้ชัดเจน						
4) การออกแบบระบบการเรียนการสอน						
4.1 เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันโดย ตลอด						
4.2 ส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์						
4.3 ตอบสนองความแตกต่างระหว่าง บุคคล						
4.4 ความยาวของบทเรียน/เวลา มีความ เหมาะสม						
4.5 มีเทคนิคในการถ่ายทอดเนื้อหาที่น่าสนใจ						
4.6 มีรูปแบบการประเมินผลการเรียนที่ เหมาะสมกับผู้เรียน						
5) ส่วนประกอบด้านมัลติมีเดีย						
5.1 ออกแบบหน้าจอได้เหมาะสมสวยงาม						
5.2 ลักษณะขนาดตัวอักษร,สี,ความชัด เจนเหมาะสมกับผู้เรียน						
5.3 ภาพกราฟิกเหมาะสม สอดคล้องกับ เนื้อหา						
5.4 เสียงดนตรีประกอบบทเรียนเหมาะสม น่าสนใจ						

ข้อเสนอแนะ

ส่วนนำของบทเรียน.....

.....

.....

.....

.....

เนื้อหาบทเรียน.....

.....

.....

.....

.....

การใช้ภาษา.....

.....

.....

.....

.....

การออกแบบระบบการเรียนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

ส่วนประกอบมัลติมีเดีย.....

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นอื่นๆ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
...../...../.....

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์
 วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย

๕ ๕ ๕ ๕ ๕

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในตารางตามระดับความคิดเห็นของท่าน

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	มาก	ปานกลาง	น้อย	
1. คำอธิบายการใช้บทเรียนเข้าใจได้ง่าย				
2. ภาษาถูกต้อง เหมาะสม ต่อผู้เรียน				
3. เนื้อหาชัดเจนศึกษาเข้าใจได้ง่าย				
4. ภาพประกอบช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย				
5. มีความต่อเนื่องของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้				
6. ความยาวของการนำเสนอแต่ละหน่วยเหมาะสม				
7. แบบทดสอบเหมาะสมกับบทเรียน				
8. ตอบสนองความสนใจของผู้เรียนแต่ละบุคคล				
9. ตัวอักษร มีขนาด และสีที่อ่านได้ง่าย ชัดเจน				
10. สีพื้นหรือรูปภาพประกอบเหมาะสม				
11. ดนตรีประกอบเหมาะสมกับบทเรียน				
12. การใช้บทเรียนง่าย สะดวก				
13. ต้องการเรียนลักษณะแบบนี้กับเรื่องอื่นอีก				

หน่วยการเรียนรู้ที่ท่านเรียนแล้วชอบที่จะเรียนด้วยบทเรียนนี้

โปรดเติมตัวเลข (1 = มาก , 2 = ปานกลาง , 3 = น้อย) เรียงลำดับตามความคิดเห็นของท่าน

.....หน่วยที่ 1 สารละลาย

.....หน่วยที่ 2 การแยกสารละลาย

.....หน่วยที่ 3 กรดและเบส

ความคิดเห็นในด้านอื่น ๆ

.....

.....

.....

โดยรวมของบทเรียนท่านมีความพอใจในระดับใด

(.....) ชอบ 

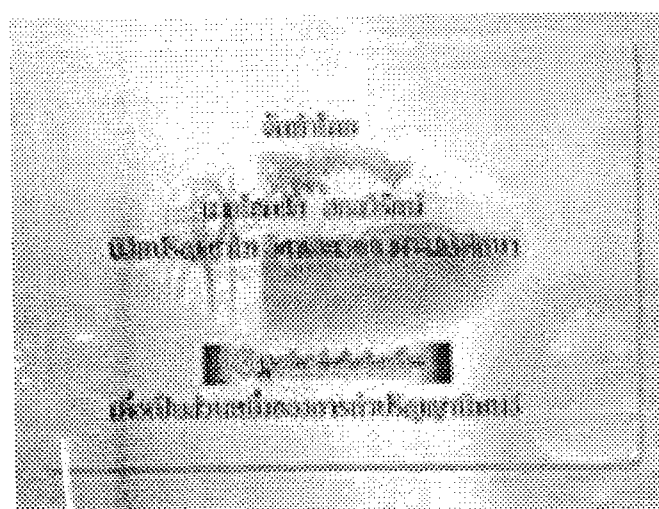
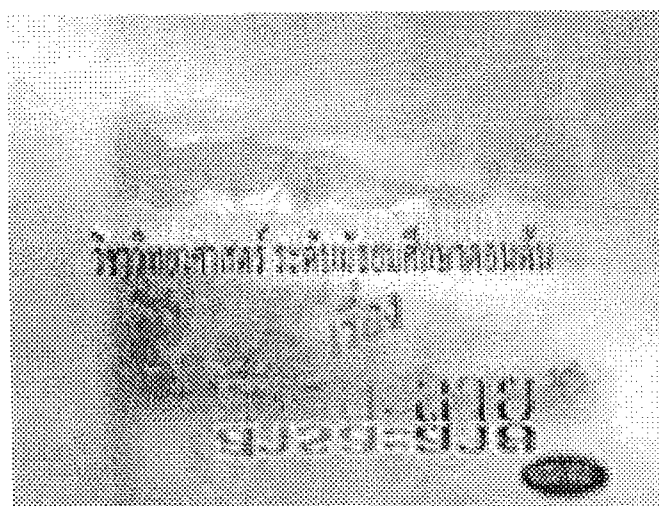
(.....) เฉย ๆ 

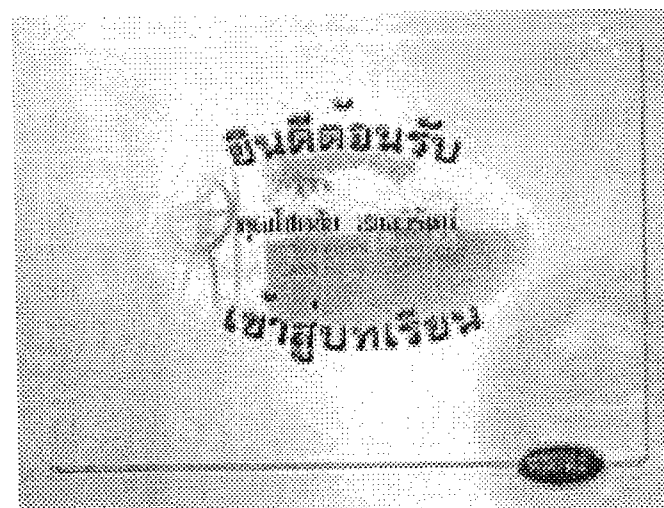
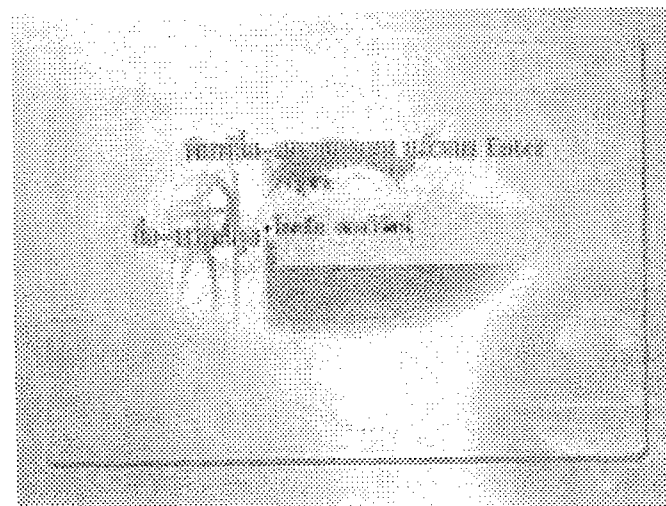
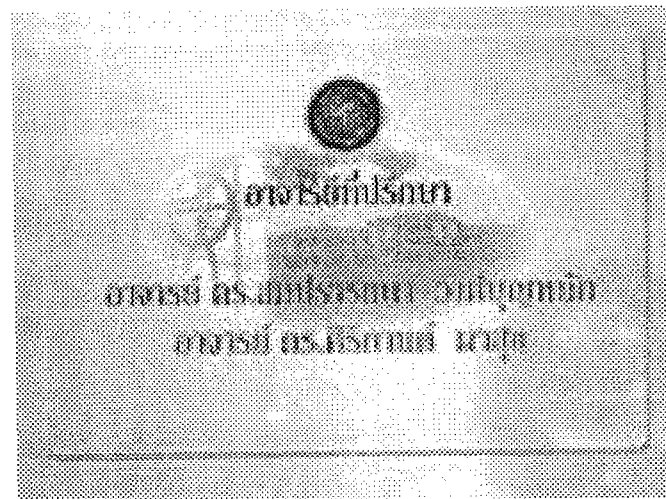
(.....) ไม่ชอบ 

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาวิทยาศาสตร์
เรื่อง สารละลาย

ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์วิชาชีพวิทยาศาสตร์
เรื่อง สารละลาย





คำแบบน้ำ

บทกวีแบบน้ำหรือกลอนที่ใช้สวดสวดหรือเวลาเฉพาะ คือ บทสวดมนต์ บทสวดพระปริตร
 3 บทสวดพระปริตร และกลอนน้ำ 1 บทสวดมนต์หรือกลอนน้ำในโอกาสพิเศษ
 โคลงในบทกวีแบบน้ำมีลักษณะ คือ สวดมนต์น้ำ 1 บท

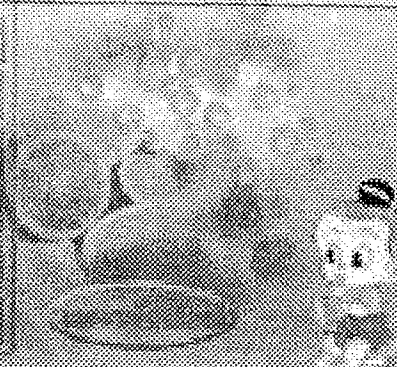
- ๑. บทสวดมนต์น้ำ 1 บท
- ๒. บทสวดมนต์น้ำ 1 บท
- ๓. บทสวดมนต์น้ำ 1 บท
- ๔. บทสวดมนต์น้ำ 1 บท

บทสวดมนต์น้ำ 1 บท คือ บทสวดมนต์น้ำ 1 บท
 โคลงแบบน้ำในบทกวีแบบน้ำมีลักษณะ คือ สวดมนต์น้ำ 1 บท
 โคลงแบบน้ำ 1 บท คือ บทสวดมนต์น้ำ 1 บท

สวดมนต์ Solutions

เลือกในลักษณะดังนี้

สวดมนต์
สวดมนต์แบบ สวด
สวดมนต์แบบ
สวดมนต์
สวดมนต์
สวดมนต์



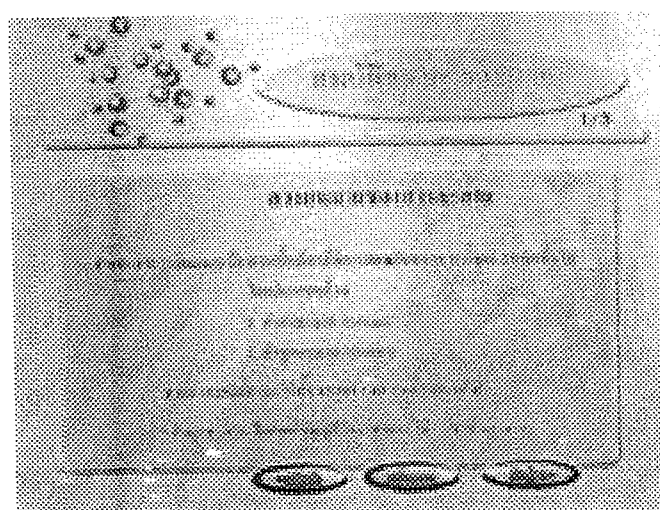
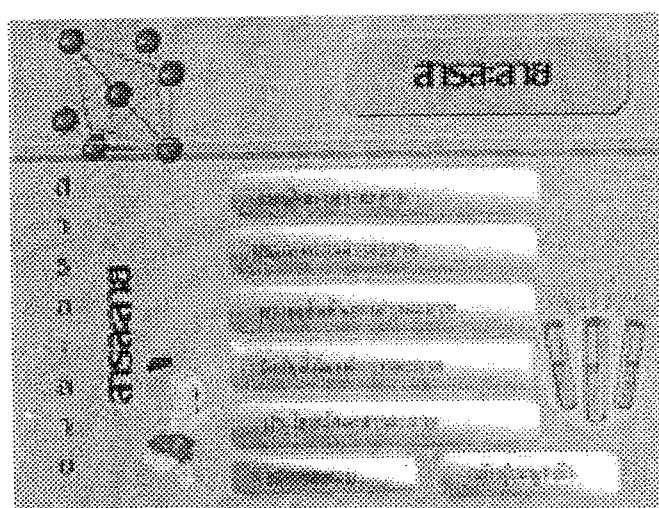
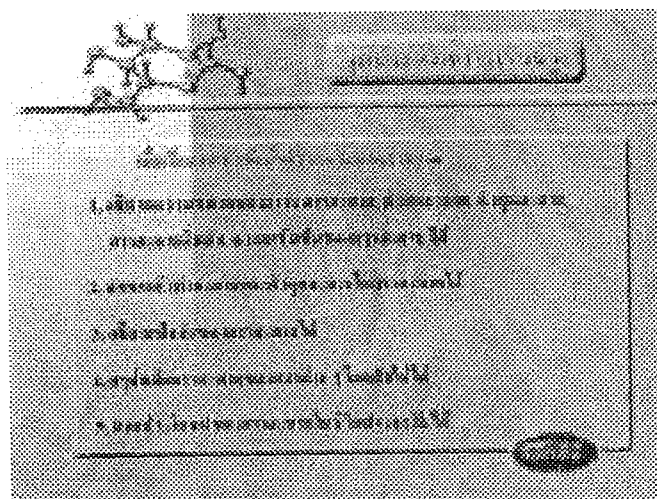
สวดมนต์

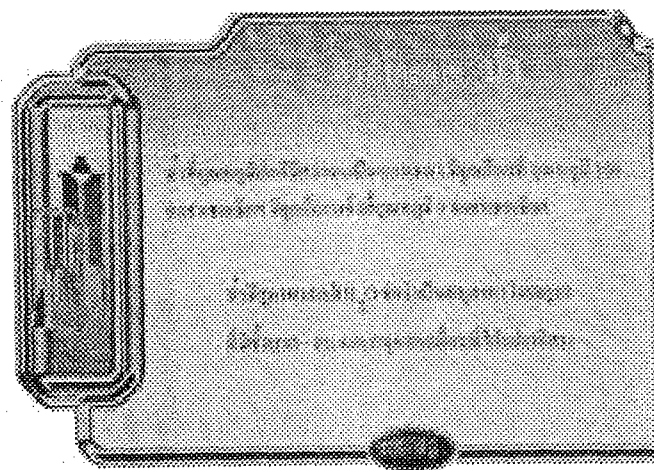
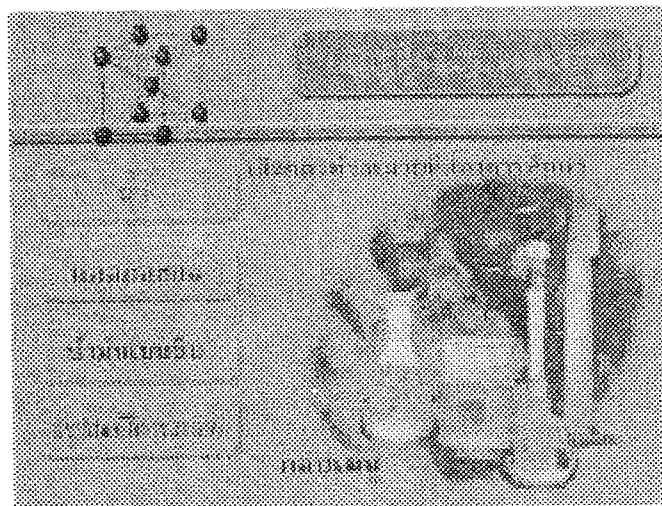
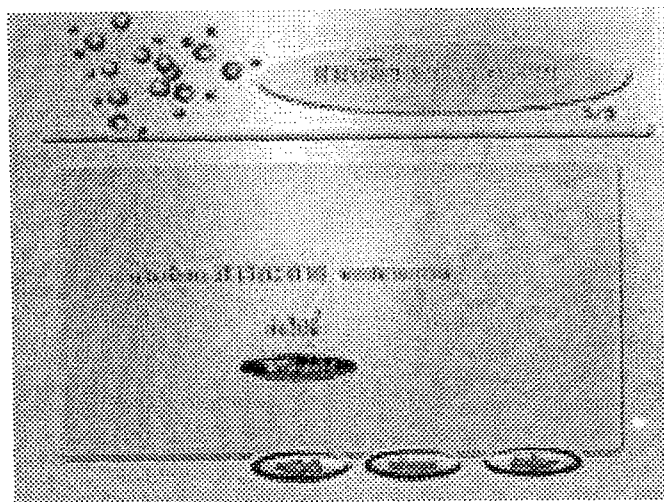
สวดมนต์แบบ สวดมนต์

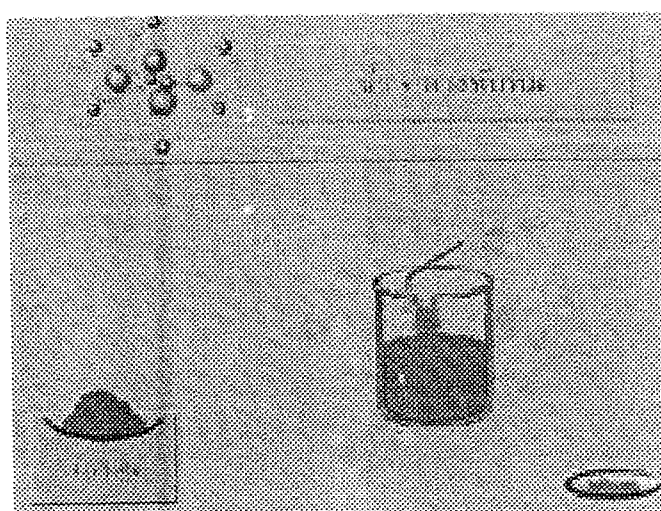
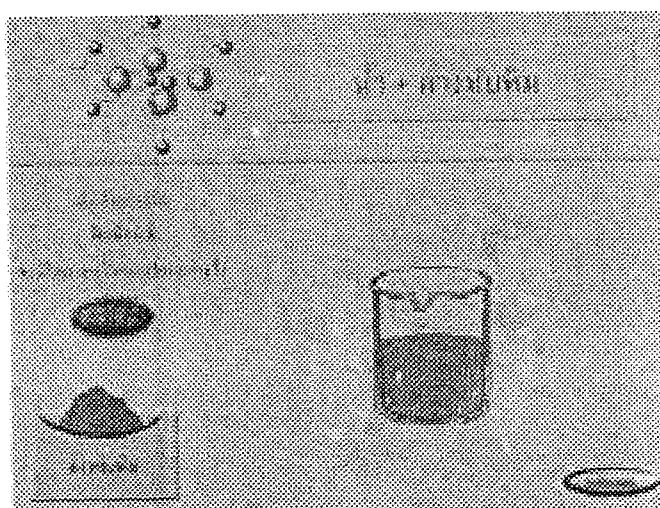
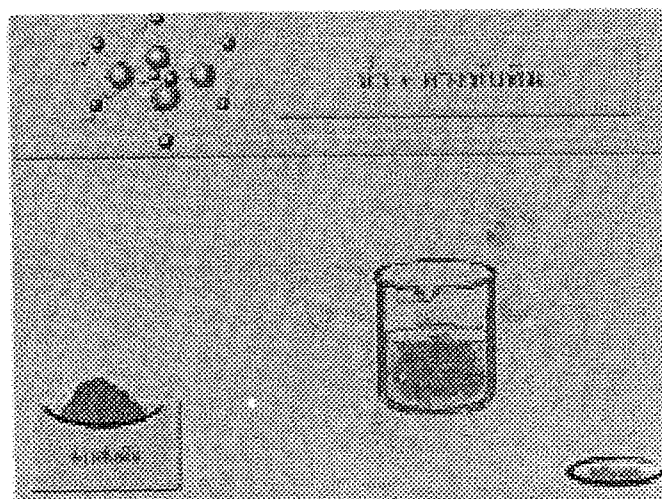
สวดมนต์

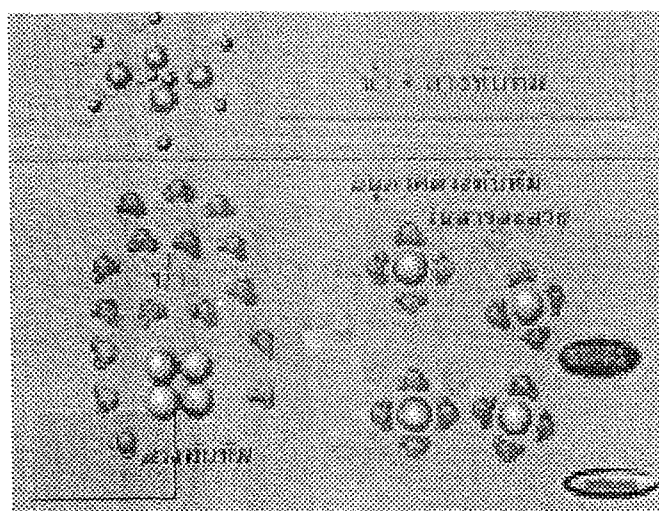
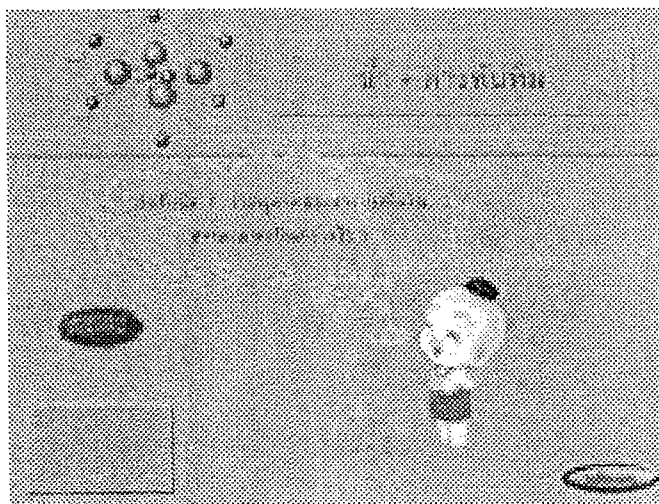
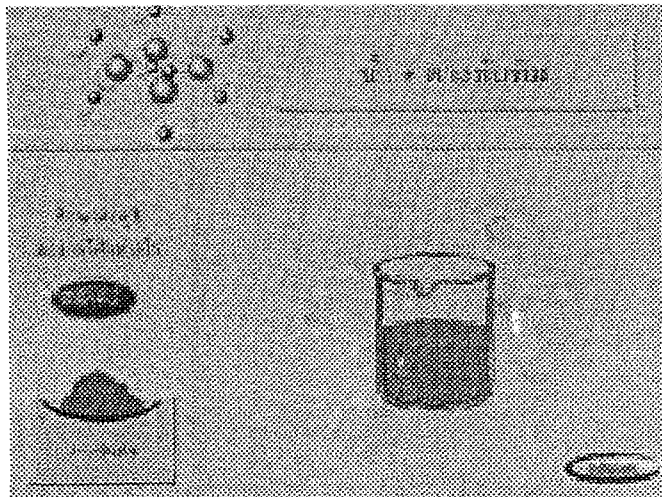
สวดมนต์

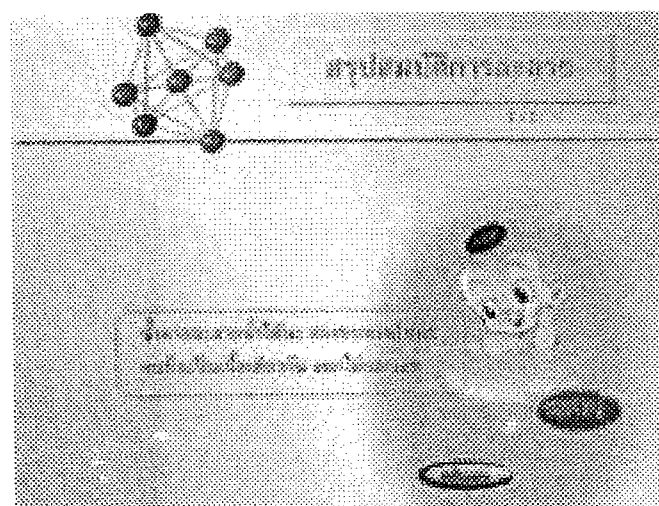
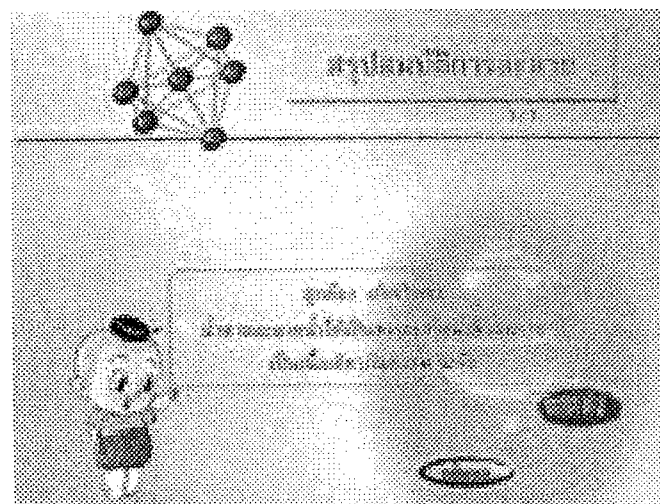
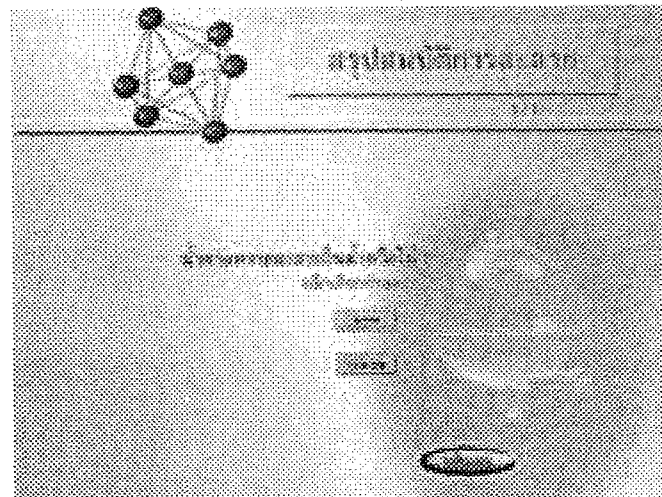


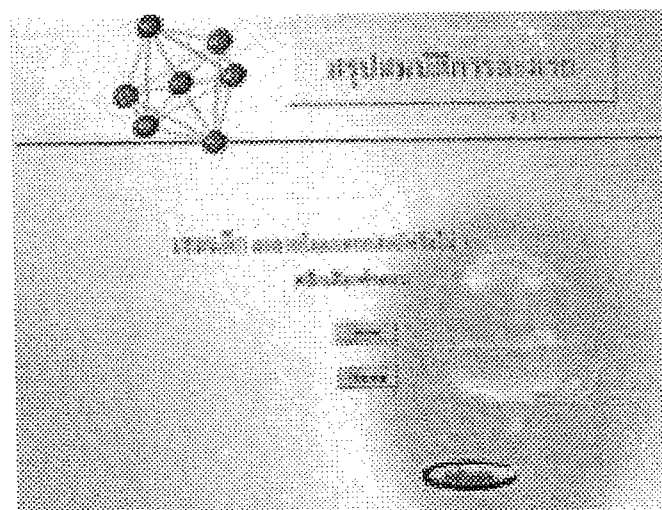
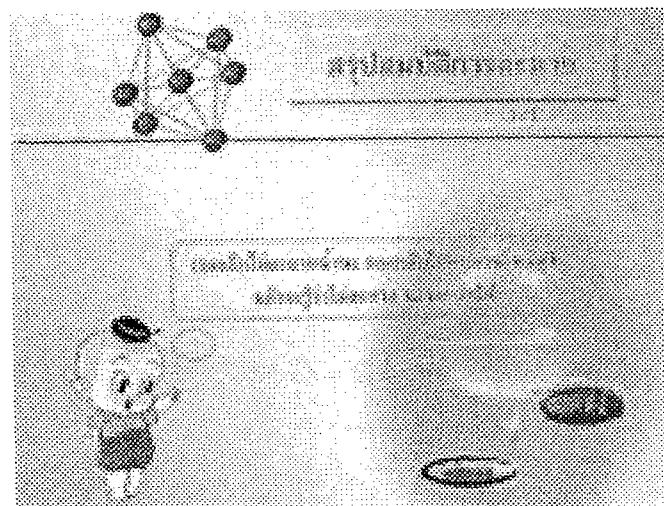
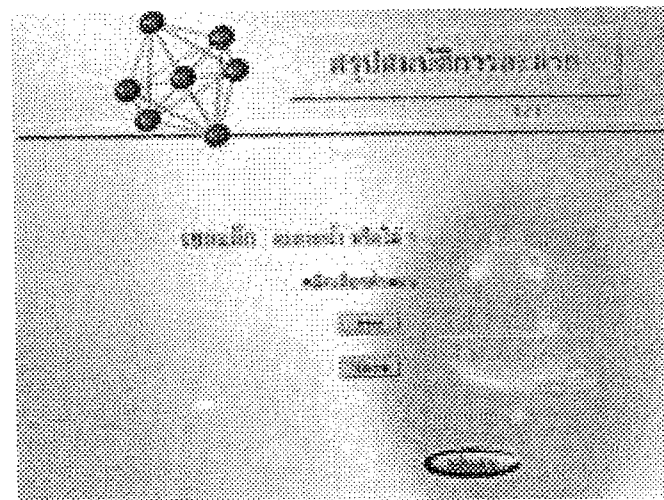


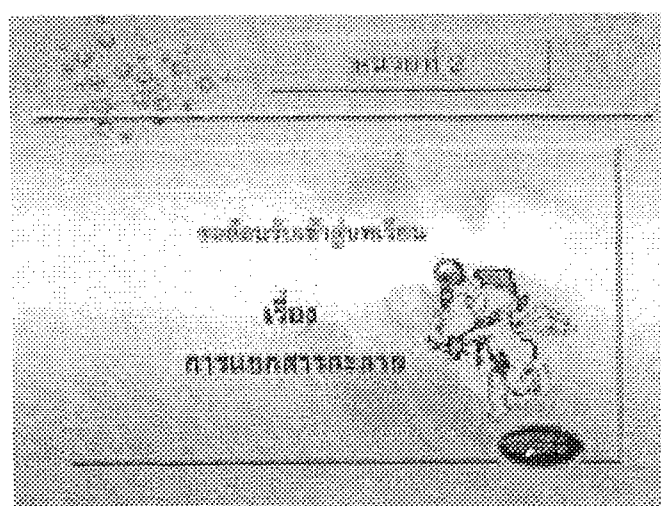
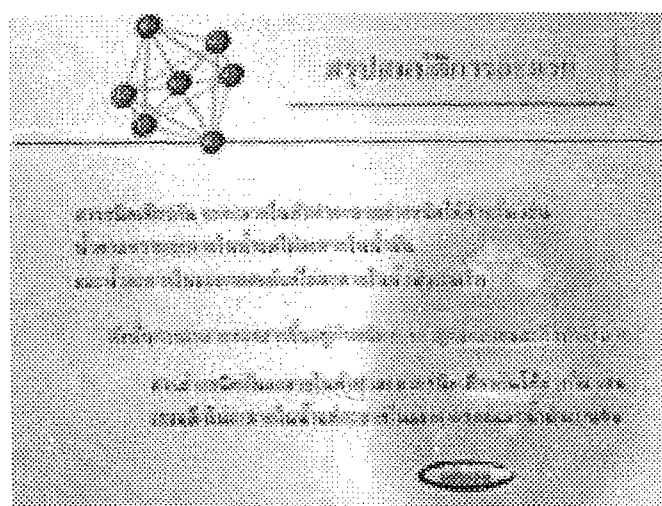
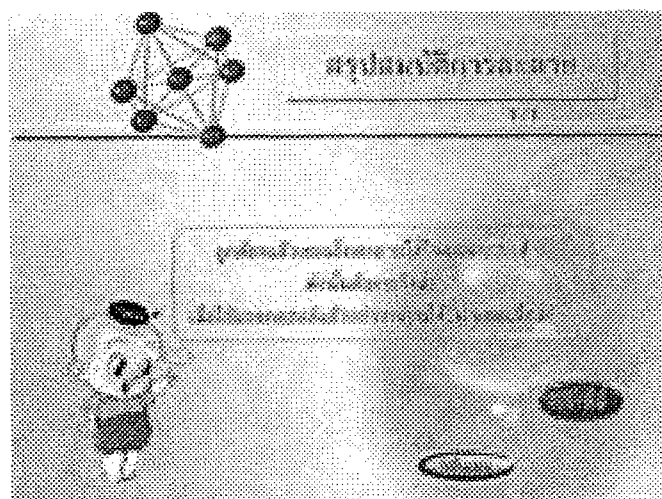


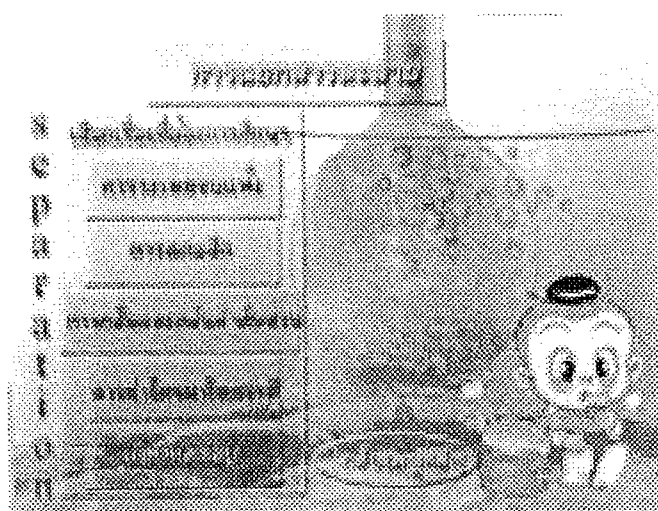
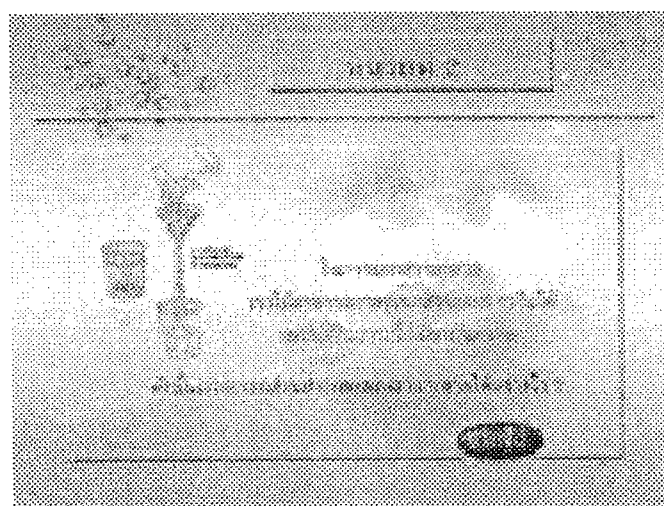
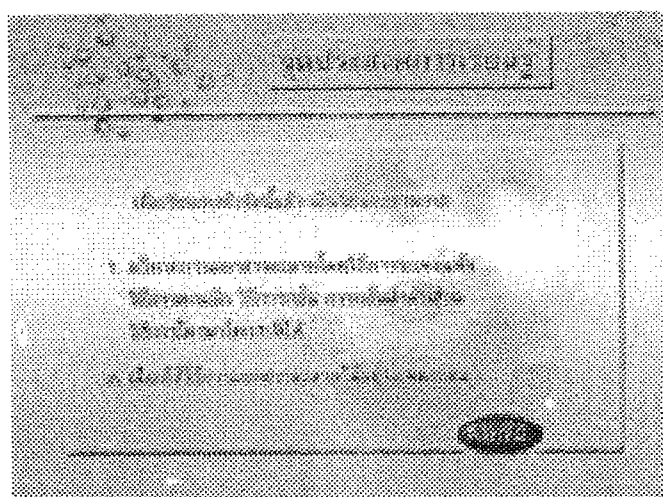


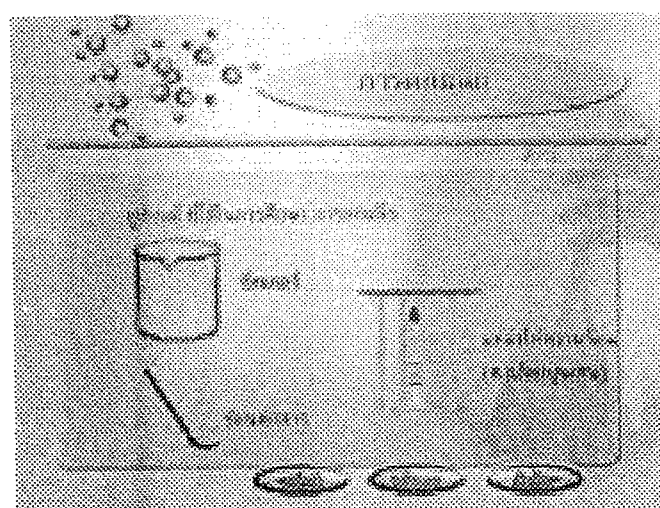
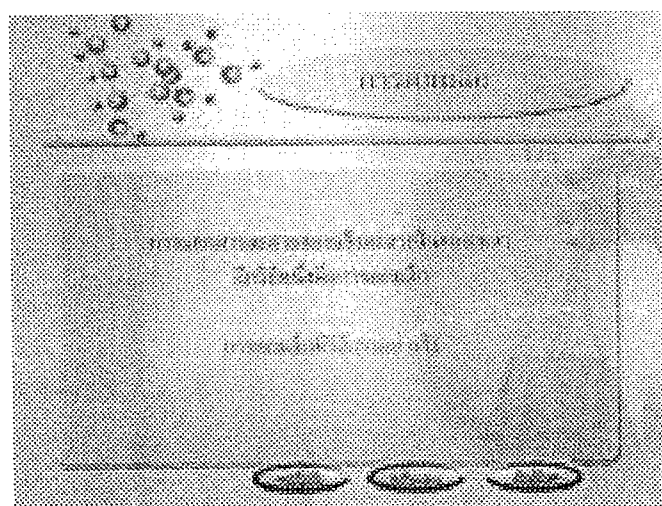
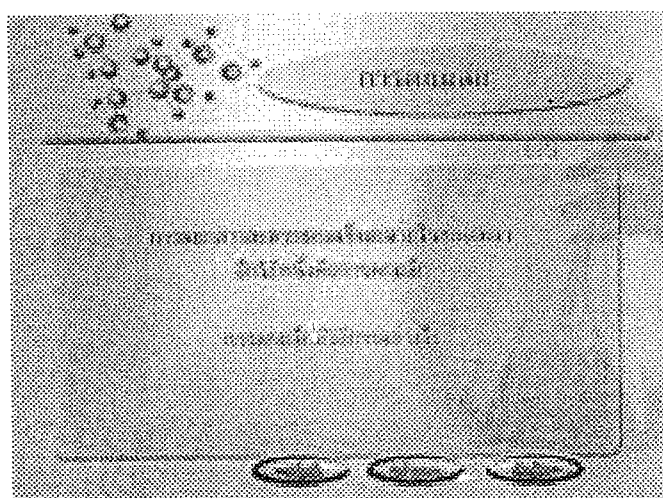


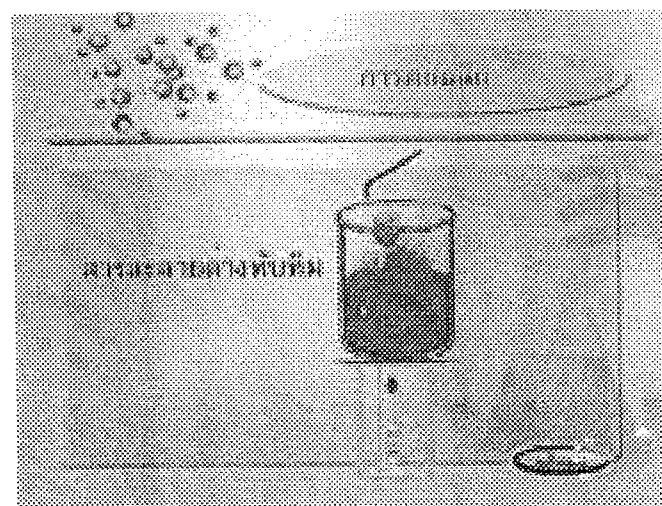
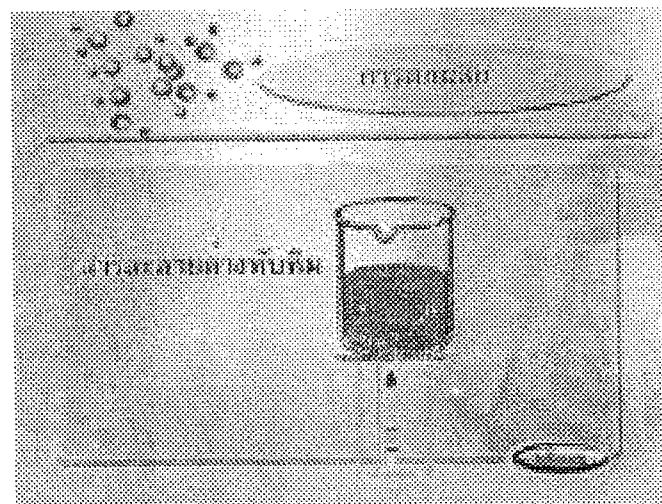
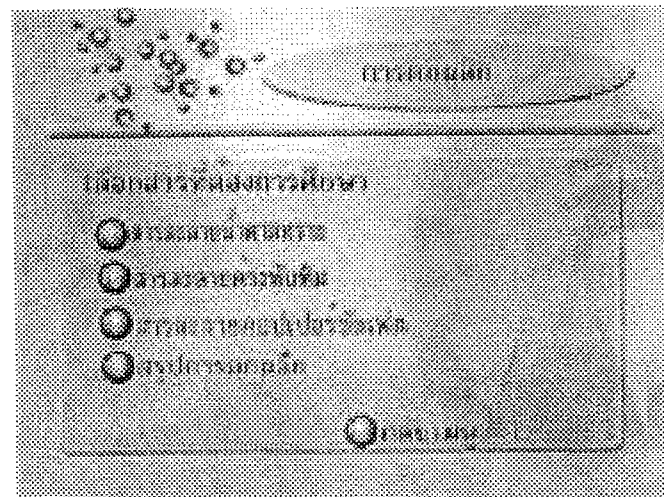


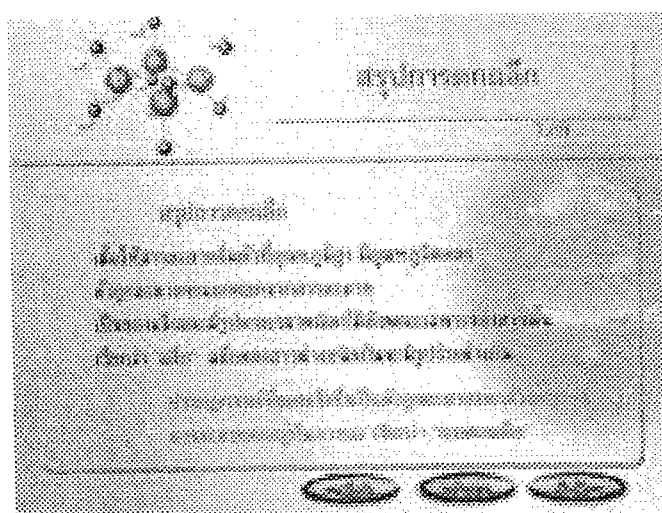
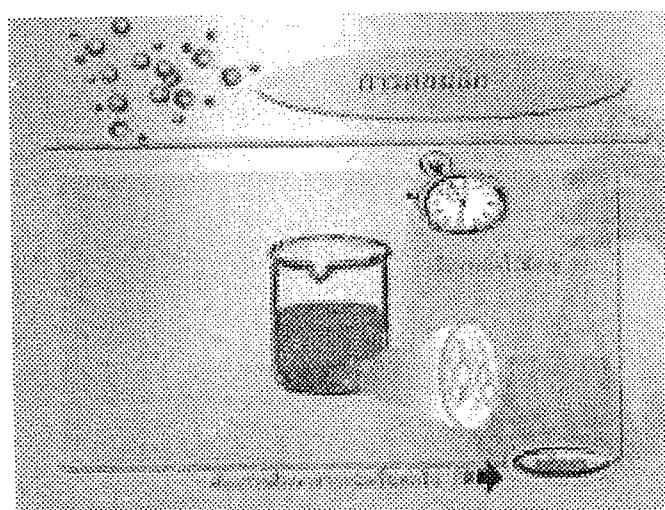
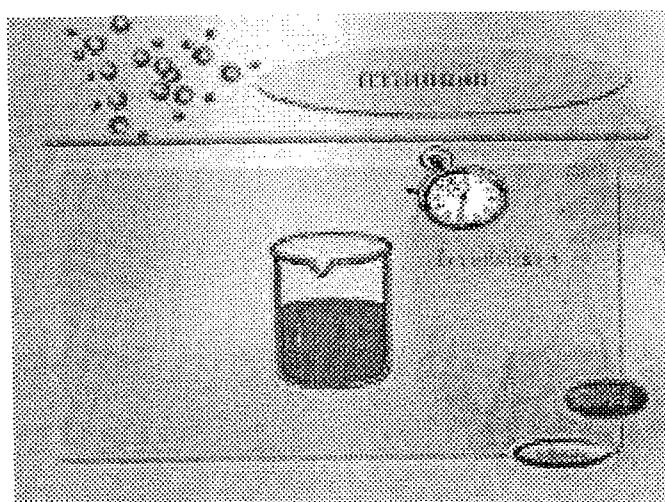


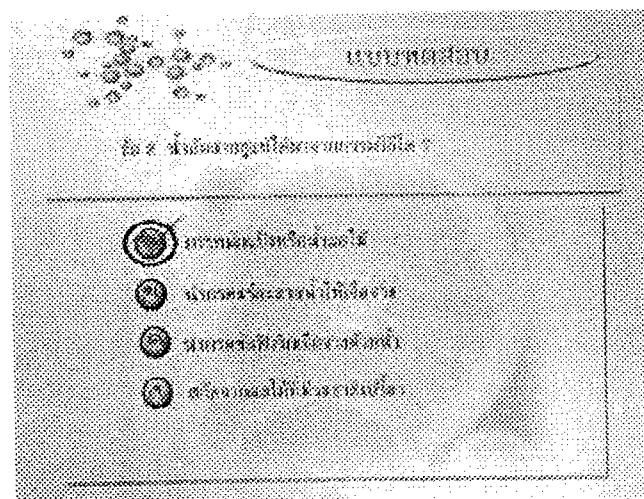
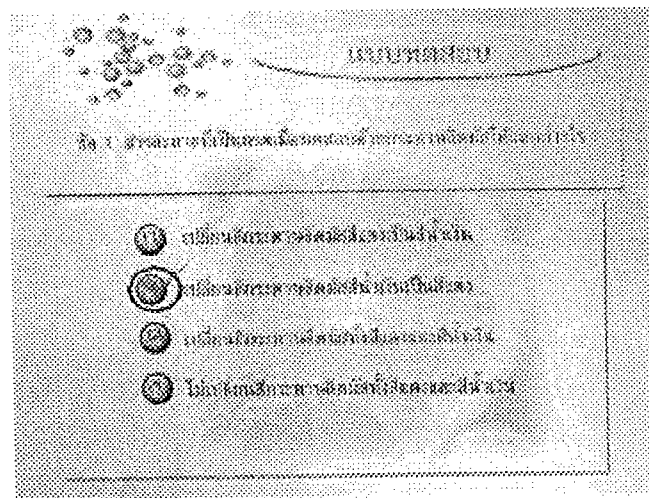
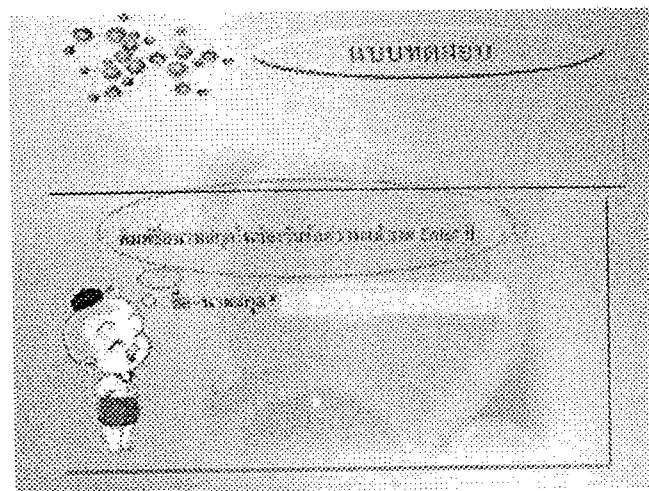












แบบทดสอบ

ข้อ ๑. น้ำตาลกลูโคสได้ ๑๒ กรัม ละลายในน้ำ ๑๐๐ กรัม

☐ ๑. เป็นสารละลาย
☒ ๒. เป็นผลึก
☐ ๓. เป็นของแข็ง
☐ ๔. เป็นสารละลายอิ่ม

แบบทดสอบ

ข้อ ๑. การผสมสารละลายในปริมาณที่ได้สารละลายอิ่มไม่
ได้แก่ใดในกรณีต่อไปนี้

☐ ๑. ผสมสารละลาย
☐ ๒. ผสมสารละลายที่มีอุณหภูมิ
☒ ๓. ผสมสารละลายที่มีอุณหภูมิ
☐ ๔. ผสมสารละลายที่มีอุณหภูมิ

แบบทดสอบ

ข้อ ๑. น้ำตาลกลูโคสได้ ๑๒ กรัม ละลายในน้ำ ๑๐๐ กรัม

☐ ๑. เป็นสารละลาย
☒ ๒. เป็นผลึก
☐ ๓. เป็นของแข็ง
☐ ๔. เป็นสารละลายอิ่ม



แบบทดสอบ

ข้อ 12. ผู้บริหารที่สนใจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศควรมีความรู้ในเรื่องใด

1. เป็นความรู้เฉพาะด้านในสาขาที่เกี่ยวข้อง
2. เป็นความรู้เฉพาะด้านในสาขาที่เกี่ยวข้อง
3. เป็นความรู้เฉพาะด้านในสาขาที่เกี่ยวข้อง
4. ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เฉพาะด้านในสาขาที่เกี่ยวข้อง



แบบทดสอบ

ผลการดำเนินงานขององค์กร

ผลการดำเนินงานขององค์กร

ผลการดำเนินงานขององค์กร

ผลการดำเนินงานขององค์กร



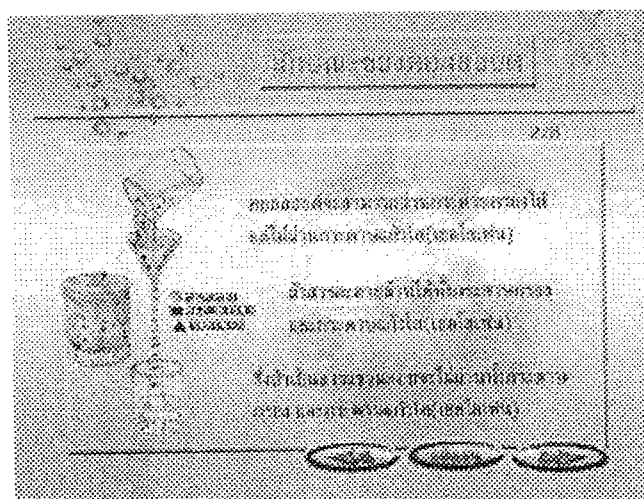
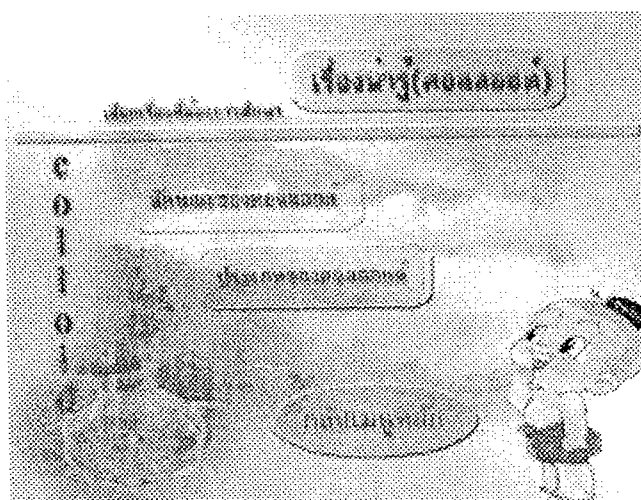
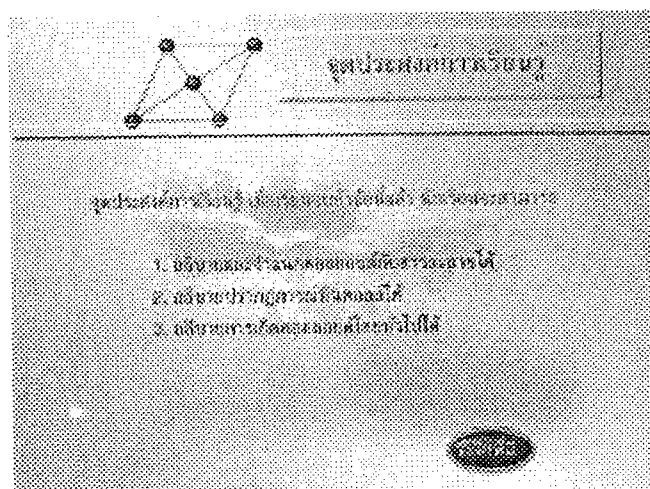
แบบทดสอบ

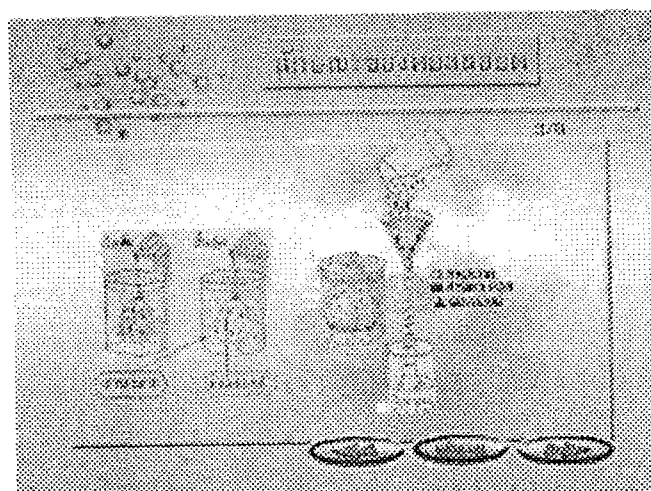
ข้อ 13. ผู้บริหารที่สนใจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศควรมีความรู้ในเรื่องใด

ข้อ 14. ผู้บริหารที่สนใจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศควรมีความรู้ในเรื่องใด

ข้อ 15. ผู้บริหารที่สนใจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศควรมีความรู้ในเรื่องใด

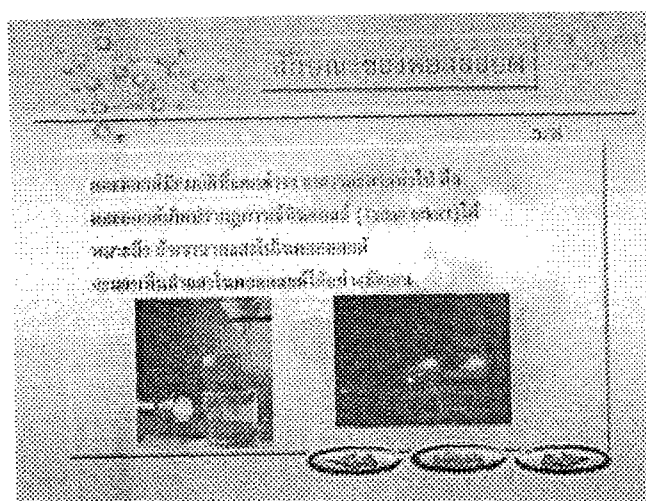
ข้อ 16. ผู้บริหารที่สนใจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศควรมีความรู้ในเรื่องใด

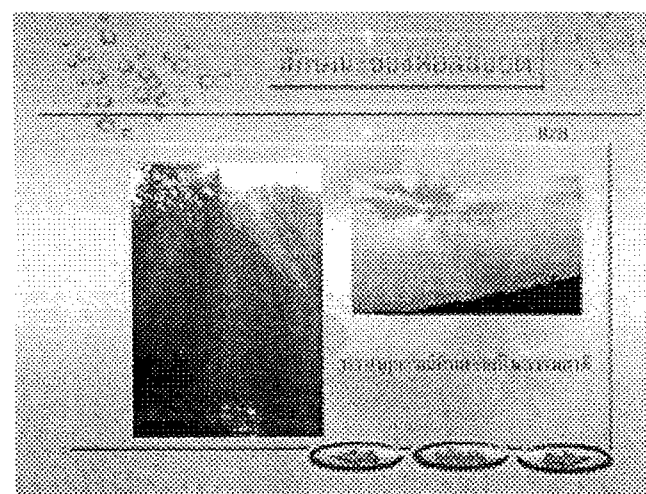
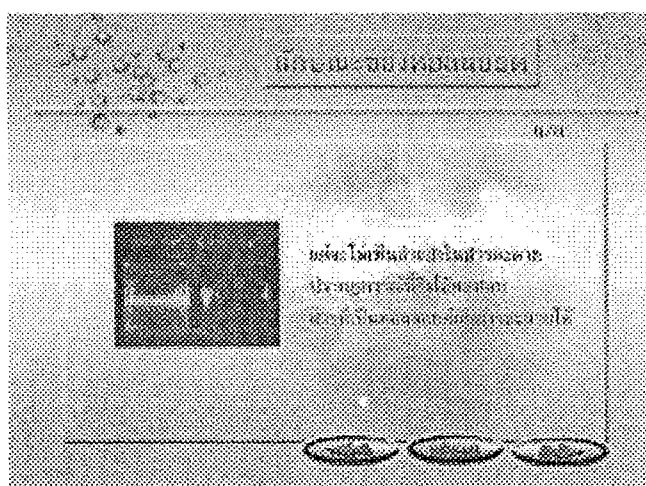


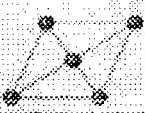


การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาร	ความเข้มข้น (โมลต่อลิตร)
สารละลาย	0.01 mol/l
สารละลาย	10^{-4} mol/l
สารละลาย	10^{-7} mol/l
สารละลาย	น้ำกลั่น 10^{-7} mol/l



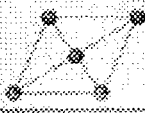




จุดประสงค

จุดประสงค์การเรียนรู้ (เชิง) คือ ทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

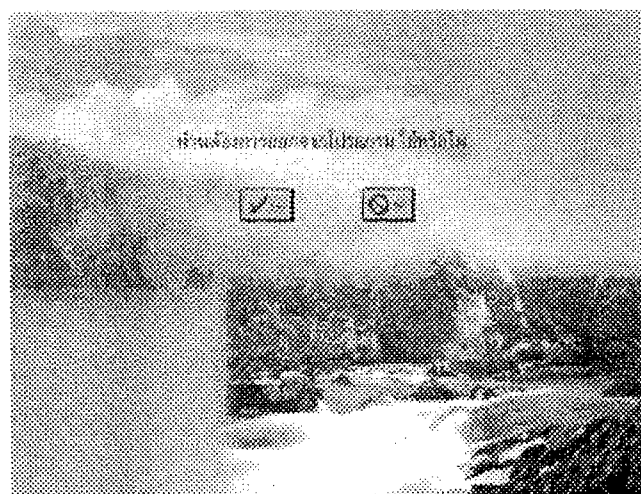
1. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
2. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
3. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
4. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
5. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
6. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้



จุดประสงค

จุดประสงค์การเรียนรู้ (เชิง) คือ ทักษะการเขียนโปรแกรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

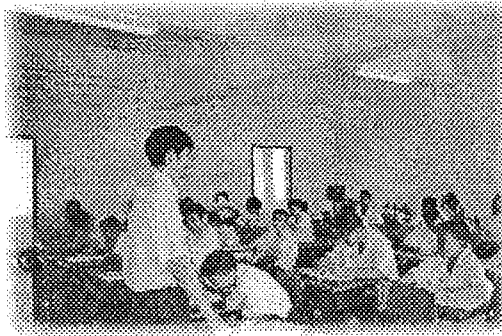
1. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
2. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
3. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
4. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
5. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้
6. มีความสามารถในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาได้



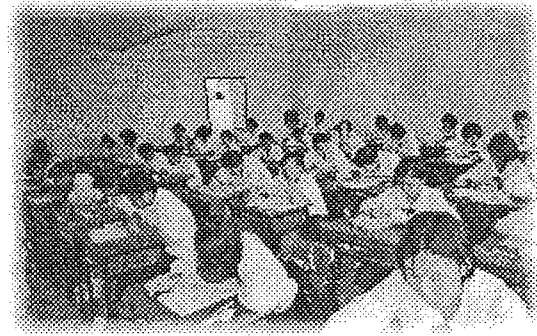
ภาคผนวก ข

ประมวลภาพการเก็บข้อมูลการวิจัย

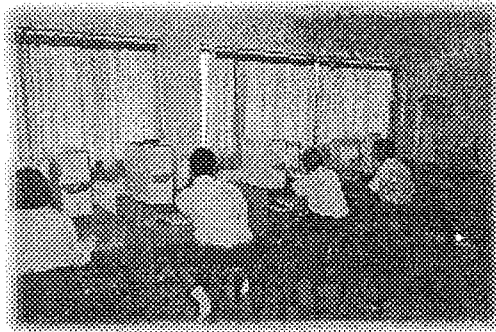
ประมวลภาพการเก็บข้อมูลการวิจัย



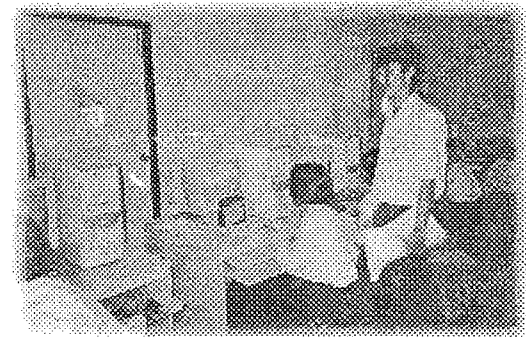
ชี้แจงก่อนเรียน



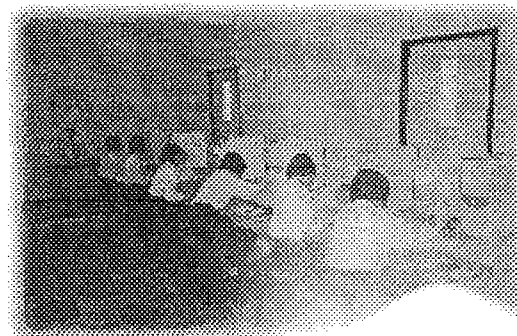
ทดสอบก่อนเรียน



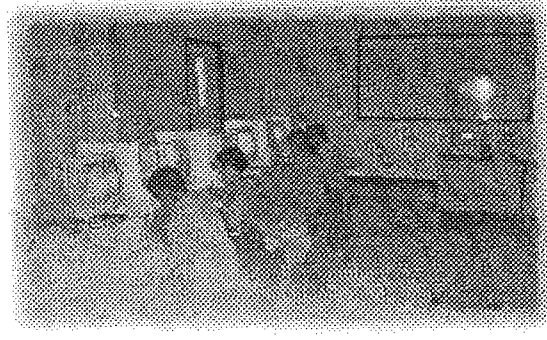
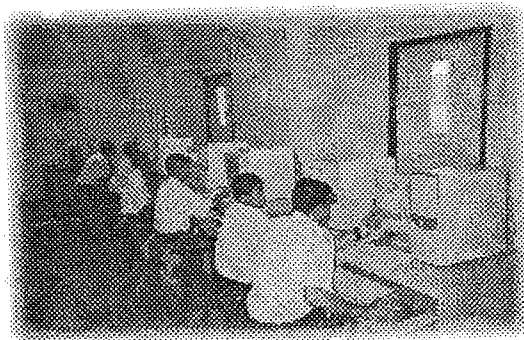
เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์



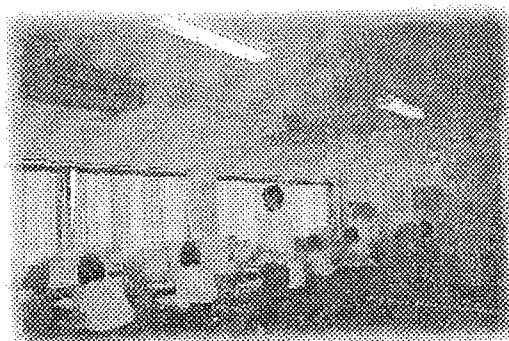
ครูให้คำแนะนำในการเรียน



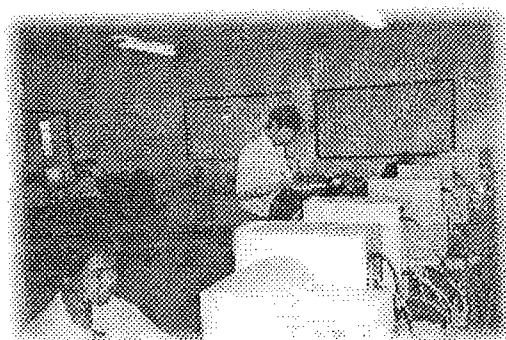
เรียนและทำแบบทดสอบประจำบทเรียน



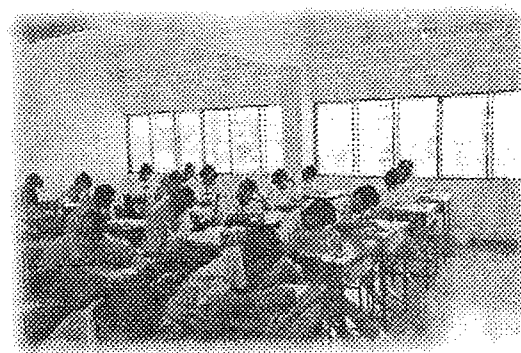
บรรยากาศในการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



ครูเดินดูการเรียนและชี้แนะในบางครั้ง



เก็บข้อมูลจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์



ทดสอบหลังเรียน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายโชคชัย สกลวิรัตน์
วันเดือนปีเกิด	20 มีนาคม 2509
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	119 หมู่ที่ 1 ตำบลคุระ อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา 82150 โทร. 076-491507
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนคุระบุรีพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา กรมสามัญศึกษา โทร. 076-491274
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2527	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสุราษฎร์พิทยา
พ.ศ. 2531	ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากวิทยาลัยครูสุราษฎร์ธานี
พ.ศ. 2544	กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ