

การพัฒนาทปฏบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ปริญญานิพนธ์
ของ
จันทร์ศักดิ์ สายแสงจันทร์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
ธันวาคม 2544
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

507.8
พ 5750
73

๕
๕๗๕๐

การพัฒนาทปฏบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

บทคัดย่อ
ของ
พันศักดิ์ สายแสงจันทร์

15 W.A. 2545

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
ธันวาคม 2544

๒ ๒๕๔๕

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินซ์นิพนธ์ กศม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก, อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โรงเรียนหนองวิทยา จังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คนที่ได้มาจากการสุ่มแบบจัดกลุ่ม และใช้แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน เนื้อหาวิชาที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย 1) วิธีการแยกของแข็งปนของแข็ง 2) วิธีการแยกของแข็งปนของเหลว 3) วิธีการแยกของเหลวปนของเหลว 4) วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส และ 5) วิธีโครมาโทกราฟี ผลการเรียนรู้ที่ศึกษา ประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลคือ การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน (t – test Dependent samples)

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อหาวิธีการแยกสารที่เหมาะสม
2. พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน
3. ทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองวิทยา จังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 81.19 / 80.33
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร อยู่ในระดับมาก

A DEVELOPMENT OF LABORATORY DIRECTIONS IN SCIENCE ON SEPARATION
TECHNIQUES FOR MATHAYOM SUKSA 1 STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
PHANSAK SAISANGCHAN

Presented in partial fulfillment of the requirements for
the Master of Education degree in Science Education
at Srinakhariwrot University
December 2001

Phansak Saisangchan. (2001). *A Development of Laboratory Directions in Science on Separation Techniques for Mathayom Suksa I Students*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr.Sompratana Wongboonnuk, Dr.Sirikan Phasuk.

The purposes of this study were twofold : 1) to develop laboratory directions in science on "Separation Techniques", 2) to study the science achievement and science process skills before and after learning through utilization of the laboratory directions. and 3) to study the students' opinions towards the laboratory directions.

The samples, randomly selected by the Cluster Sampling technique, comprised 40 Mathayom Suksa I students, in the first semester of the 2001 academic year, from Kongtongvitaya School. The One Group Pretest – Posttest design was utilized. The science contents understudied comprised : 1) Separation of solid – solid mixtures, 2) Separation of solid – liquid mixtures, 3) Separation of liquid – liquid mixtures, 4) Separation of liquid – gas mixtures, and 5) Chromatography techniques. The learning outcomes understudied were science achievement and science process skills. Data analysis was achieved by the t – test (dependent sample) technique.

The study was conducted through the following steps :

- 1) Experimentation in science laboratory to find out appropriate separation techniques.
- 2) Developing of laboratory directions in science on separation techniques, of which all the processes were examined by five experts.
- 3) Instructional experimentation in the classroom with 40 Kongtongvitaya School students to identify the efficiency of the laboratories and to study the science achievement and science process skills
- 4) To study the students' opinions towards the laboratory directions.

The finding were as follows :

- 1) The efficiency of the laboratory directions was 81.19 / 80.33 , which was higher than the criterion.
- 2) The science achievement of the experimental group after being taught, utilizing the laboratory directions, was statistically higher than before being taught at the .01 level of significance.
- 3) The science process skills of the experimental group after being taught, utilizing the laboratory directions, was statistically higher than before being taught at the .01 level of significance.
- 4) Students' opinions towards the laboratory directions were in a high level

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ของ

นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่.....เดือน.....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 กรรมการที่ปรึกษาซึ่งให้คำ
แนะนำแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และรองศาสตราจารย์
ดร.ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุณีย์
เหมาะประสิทธิ์ อาจารย์สุนทรี วัฒนพันธ์ อาจารย์สุนันทา สภาณุชาติ และอาจารย์ศิริลักษณ์ สุกระเศรณี
ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนกองทองวิทยา จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์และ
ความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินการเก็บข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคณะครู อาจารย์และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกองทองวิทยา ทุกคนที่
ให้ความร่วมมือในการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยด้วยความเต็มใจ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ ๆ ที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษา
และการทำวิจัย และขอขอบคุณรุ่นน้องและเพื่อน ๆ นิสิตระดับปริญญาโทสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษารุ่นที่
14 ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจ และให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ
บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	3
ตัวแปรที่ศึกษา	4
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
สมมติฐานในการวิจัย	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
เทคนิคการแยกสาร.....	7
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	18
ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	18
จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	18
การจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	19
ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	20
ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	21
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.....	22
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	24
ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	24
ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	25
ความคิดเห็น	30
ความหมายของความคิดเห็น.....	30
การเกิดความคิดเห็น	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	31
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	36
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	36
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	37
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	42
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3 (ต่อ)	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	43
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	47
	ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	47
	ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
	เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	49
	ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
	เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	50
	ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
	เรื่อง เทคนิคการแยกสาร.....	51
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	53
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	53
	สมมติฐานของการวิจัย	53
	วิธีดำเนินการวิจัย	53
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
	สรุปผลการวิจัย.....	55
	อภิปรายผล.....	55
	ข้อเสนอแนะ.....	59
	ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป	59
	บรรณานุกรม	61
	ภาคผนวก.....	66
	ภาคผนวก ก.....	67
	ภาคผนวก ข.....	75
	ภาคผนวก ค.....	87
	ภาคผนวก ง.....	149
	ภาคผนวก จ.....	162
	ภาคผนวก ฉ.....	167
	ภาคผนวก ช.....	171
	ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	174

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แบบแผนการวิจัย	42
2 แสดงค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร.....	47
3 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทปฏิบัติการ.....	48
4 เปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน.	49
5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน.....	49
6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	50
7 แสดงผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร.....	51
8 แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร	163
9 แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์.....	165
10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	168
11 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	169
12 คะแนนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	170

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 วิธีการกรองและการเทสารละลายลงในกระดาษกรองโดยให้ไหลตามแรงโน้มถ่วง.....	10
2 การพับกระดาษกรองให้เป็นรูปกรวย.....	10
3 เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบหมุนด้วยไฟฟ้าชนิดธรรมดาและแบบหมุนด้วยมือ	11
4 ลักษณะการจัดอุปกรณ์ในการกลั่นอย่างง่าย.....	12

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้เจริญก้าวหน้า รวมทั้งสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระดับนานาชาติ ประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้มาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของบุคคลมากขึ้น และเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น การจะส่งเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543 : คำนำ) ดังนั้น การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์จึงเป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นให้คนเป็นนักคิด สามารถคิดวิเคราะห์หาเหตุผล และมีความตื่นตัวที่จะหาความรู้ข้อเท็จจริงในเชิงวิทยาศาสตร์ตลอดเวลา รวมถึงความสามารถที่จะนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้อย่างเหมาะสมกับชีวิตความเป็นอยู่ และมีส่วนช่วยในการพัฒนาประเทศ(สิปปนนท์ เกตุทัต, 2535 : 57 – 58)

วิชาเคมีถือเป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์สาขาหนึ่ง และเป็นแขนงวิชาหนึ่งของวิทยาศาสตร์กายภาพที่ศึกษาเรื่องต่าง ๆ ของสาร (Substance) ได้แก่ ธรรมชาติ องค์ประกอบ สมบัติ ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติกับ องค์ประกอบของสารนั้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวและการสลายตัวของสารทำให้เกิดสารใหม่ขึ้น ตลอดจนพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงนั้น นอกจากนี้เคมียังเป็นวิทยาศาสตร์ทางปฏิบัติการ (Experimental Science) คือ ความรู้เกี่ยวกับสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร ตลอดจนกฎและทฤษฎีต่าง ๆ ต้องมีพื้นฐานมาจากการทดลอง แต่การสอนเคมีในระดับมัธยมศึกษาสมัยก่อน หรือแม้กระทั่งในปัจจุบันบางโรงเรียนก็ยังปฏิบัติอยู่ เป็นการสอนแบบบรรยายโดยมีครูเป็นศูนย์กลางของการสอน นักเรียนต้องนั่งฟังบรรยายแล้วจดจำความรู้และทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ครูบรรยาย หรือถึงแม้จะมีการให้นักเรียนทำการทดลองก็จะเป็นการทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ความจริงเพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาเท่านั้น(วาริรัตน์ แก้วอุไร, 2538 : 1) ซึ่งตรงกับสมจิต สวธน์ไพบูลย์ และสมจิต สมัตถพันธ์ (2535 : 6) ได้แสดงความคิดเห็นในเรื่องการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เท่าที่ผ่านมาว่า นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากการเรียนวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวันได้เท่าที่ควร อาจจะเนื่องมาจากการเน้นบทบาทของครูผู้สอน และความสมบูรณ์ของเนื้อหามากเกินไป แล้วละเลยการฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง หรือการนำเอาความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง และจากการศึกษาของอัลรูวาซิด (Al – Ruwashid, 1984 : 1357 – A) ได้ทำการศึกษามูลของการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว และที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการ ที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาในวิทยาลัยรียาร์ด ประเทศซาอุดีอาระเบีย พบว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการ มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขาดทักษะในขั้นตอนการทดลอง การใช้เครื่องมือ การบันทึกข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล ฯลฯ ทักษะที่ได้ฝึกอยู่อย่างสม่ำเสมอคือ ทักษะในการจำ ทักษะการคิดคำนวณ เพราะเนื้อหาวิชาเคมีเน้นหนักไปทางด้านคำนวณและความจำ เช่น การเขียนปฏิกิริยาเคมี สมการเคมี สูตรเคมี การคำนวณเรื่องปริมาณ

สารสัมพันธ์ ฯลฯ นักเรียนส่วนใหญ่จึงเรียนเคมีด้วยความไม่เข้าใจ เห็นเป็นเรื่องยากและไม่สนุก (วาริรัตน์ แก้วอุไร. 2538 : 1) ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีการทดลอง จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย รวดเร็ว ทำให้บทเรียนเป็นที่น่าสนใจ เกี่ยวกับเรื่องนี้ ภพ เลหาไพบูลย์ (2540 :137 – 138) กล่าวถึงความสำคัญของการสอนแบบทดลองว่า การทดลอง (Experiment) และการปฏิบัติการในห้องทดลอง (Laboratory Work) เป็นส่วนสำคัญในโปรแกรมการสอนวิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายของโปรแกรมการสอนวิทยาศาสตร์ จะเน้นที่การพัฒนาวิธีการทดลองและรูปแบบของการปฏิบัติการ เพื่อที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการเน้นการหาแนวทางให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา ได้ด้วยตนเองหรือคิดค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง โดยให้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง การเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผล แปลผลและการสรุปผลเป็นการช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง เช่นเดียวกับการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) พบว่า ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ว 101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้บรรจุเนื้อหาวิชาเรื่อง สารรอบตัว ซึ่งเป็นเนื้อหาของวิชาเคมี โดยผู้เรียนจะเริ่มเรียนจากการจำแนกสารต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว ผู้เรียนจะสามารถจำแนกสารได้ จำเป็นต้องเรียนรู้เกี่ยวกับสมบัติของสารทำให้ต้องนำวิธีการแยกสารมาใช้เพื่อแยกสารที่เป็นองค์ประกอบออกเป็นส่วน ๆ เสียก่อน เนื่องจากสารที่มีอยู่ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของสารละลายหรือสารเนื้อผสม ซึ่งถือว่าการแยกสารเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากต่อการศึกษาเรื่องสาร แต่เนื้อหาในบทเรียนเรื่อง สารรอบตัวมีเพียงการแยกสารเนื้อผสมที่เป็นของแข็งปนของแข็ง และสารเนื้อเดียวที่เป็นของแข็งปนของเหลวเท่านั้น จะเห็นได้ว่ามีเนื้อหาและบทปฏิบัติการที่เกี่ยวกับวิธีการแยกสารในบทเรียนมีน้อยมากเมื่อเทียบกับวิธีการแยกสารที่มีอยู่ในปัจจุบัน ส่งผลให้ผู้เรียนได้รับความรู้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาเท่าที่ควรและขาดทักษะในการปฏิบัติการทดลองที่เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในวิชาเคมีควรมีบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ช่วยส่งเสริมศักยภาพในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มากขึ้น ซึ่งตรงกับยุพา ตันติเจริญ (2529 : คำแถลง) ได้กล่าวไว้ว่า การปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะให้ประสบการณ์ตรงต่อผู้เรียนและช่วยเสริมสร้างให้เกิดทักษะภาคปฏิบัติ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นในการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ว 101 เรื่อง สารรอบตัว จึงควรมีการเสริมเนื้อหาและบทปฏิบัติการที่เกี่ยวกับวิธีการแยกสารให้มากขึ้น เพื่อเป็นการเสริมสร้างความรู้และทักษะในการปฏิบัติการทดลองให้แก่ผู้เรียน และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากในหลักสูตรวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ในรายวิชาเคมี ว 431 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้บรรจุเนื้อหาวิชาเรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับวิธีการแยกสารไว้ด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารขึ้น เพื่อนำบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับวิธีการแยกสารที่เหมาะสม และส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจ ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ อันส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่จะพัฒนาความคิด ความสามารถของนักเรียน และช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะ

ศึกษาหาความรู้ต่อไป รวมถึงการนำความรู้จากบทปฏิบัติการนี้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อไปด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะได้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงการเรียนการสอนของครูผู้สอน โดยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาบทปฏิบัติการเสริมความรู้ในด้านอื่น ๆ ที่ช่วยส่งเสริมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โรงเรียนทองทองวิทยา อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม จำนวน 7 ห้องเรียน รวม 280 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ซึ่งสุ่มมาจากประชากร โดยดำเนินการดังนี้

1. โรงเรียนจัดนักเรียนแบบละความสามารถเป็น 7 ห้องเรียน ห้องละ 40 คน ถือว่าเป็นการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยอนุโลม
2. ผู้วิจัยสุ่มนักเรียนมา 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คนจากห้องเรียนของประชากร โดยการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling)

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 2.3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีเนื้อหาดังนี้

1. วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง
2. วิธีแยกของแข็งปนของเหลว
3. วิธีแยกของเหลวปนของเหลว
4. วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส
5. วิธีโครมาโทกราฟี

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียนในชั่วโมงเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 101) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 ใช้เวลาในการทดลองสอน 10 คาบ คาบละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร หมายถึง เอกสารที่กำหนดแนวทางในการทำการทดลองที่นำความรู้ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มาสร้างเป็นกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีหัวข้อของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์, ใ้บทความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์, แนวคิดหรือหลักการ, จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม, อุปกรณ์และสารเคมี, วิธีดำเนินการทดลอง, แบบรายงานผลการทดลอง, แบบทดสอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1. วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง 2. วิธีแยกของแข็งปนของเหลว 3. วิธีแยกของเหลวปนของเหลว 4. วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส 5. วิธีโครมาโทกราฟี

2. เทคนิคการแยกสาร หมายถึง วิธีการต่าง ๆ ที่นำมาใช้แยกสารที่ผสมรวมกันออกจากกันเป็นส่วน ๆ โดยอาศัยสมบัติทางกายภาพ เช่น การหีบหรือเขี่ย การกรอง การระเหย การกลั่น การใช้ตัวทำละลาย เป็นต้น

3. ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลที่ได้จากคะแนนของนักเรียนที่ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบหลังเรียน หลังจากที่ได้รับรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยใช้เกณฑ์ 80/80

เกณฑ์ 80/80 หมายถึง เกณฑ์ในการพิจารณาผลของการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดย 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทุกบทปฏิบัติการ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 ส่วน 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนเมื่อเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการตอบแบบทดสอบหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง ศัพท์ แนวความคิด หลักการ ทฤษฎีและกฎต่าง ๆ

ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ และแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถใช้ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาในชีวิตประจำวัน

5. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะขั้นบูรณาการ 3 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ในการวิจัยครั้งนี้ได้ข้อมูลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการตอบแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์

ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ และรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นพวก ๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจกับข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น

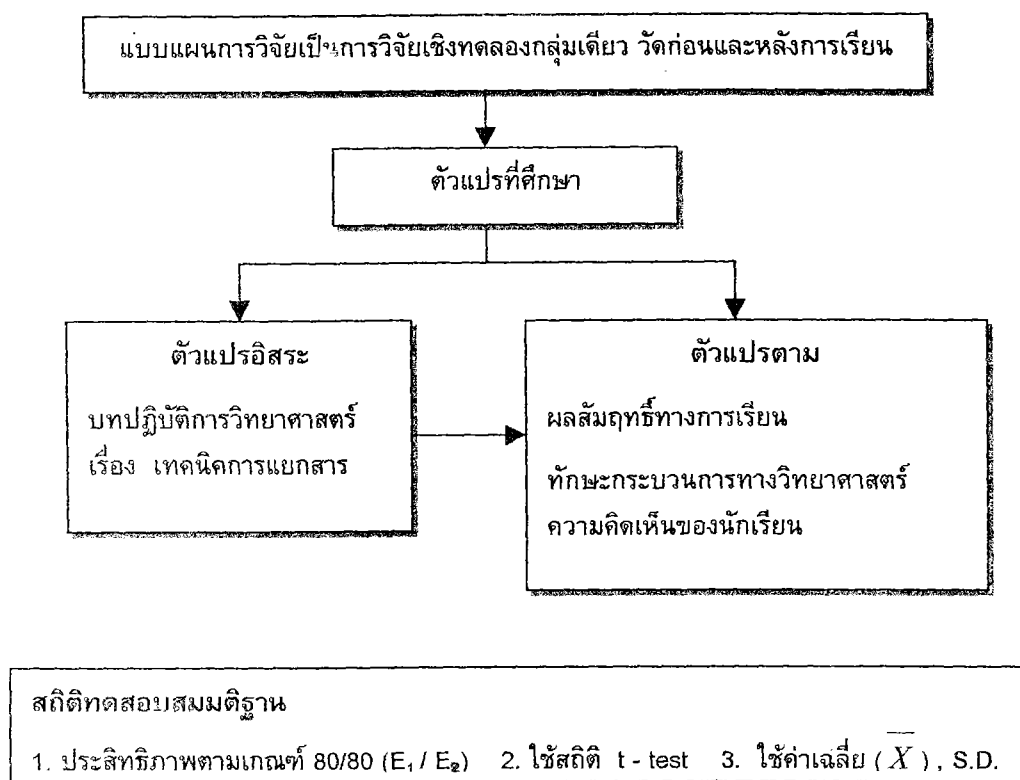
ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุ อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

6. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร หมายถึง การแสดงออกทางด้านความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ทำการวัดโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ช่วงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 24 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ และส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 14 ข้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานของการวิจัย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวกับเทคนิคการแยกสาร
2. เอกสารที่เกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 2.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 2.3 การจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 2.4 ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 2.5 ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. เอกสารที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
4. เอกสารที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. เอกสารที่เกี่ยวกับความคิดเห็น
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. เอกสารที่เกี่ยวกับเทคนิคการแยกสาร

เทคนิคในการแยกสาร (Separation Techniques)

ในการแยกสารเป็นเทคนิคที่สำคัญ เพราะโดยธรรมชาติ สารต่าง ๆ จะอยู่ในลักษณะของของผสม ดังนั้น ถ้าต้องการศึกษาสารใดต้องแยกสารนั้นออกจากส่วนผสมให้เป็นสารบริสุทธิ์ เทคนิคที่ใช้ในการแยกมีหลายแบบ ศีติเกษม ทองรงค์ และพรณี เดชกำแหง (2524 : 28 –35) ได้แบ่งการแยกสารขึ้นอยู่กับชนิดของของผสมและขนาดอนุภาคของสารที่มาผสมกันนั้นวิธีที่ใช้มีดังนี้

1.1 วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

1.1.1 ใช้วิธีหีบหรือเขี่ยออก เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด และเหมาะสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่องค์ประกอบมีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน เช่น มีขนาดต่างกันมาก มีสีต่างกันมาก เมื่อต้องการแยกองค์ประกอบออกจากสารเนื้อผสมจึงทำได้โดยการเขี่ยหรือหีบส่วนผสมที่ต้องการออก ได้แก่ การแยกข้าวเปลือกหรือการแยกกลบออกจากข้าวสาร การแยกเมล็ดพริกออกจากเกลือ เป็นต้น

1.1.2 ใช้แม่เหล็กดูดหรือใช้อำนาจแม่เหล็ก วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของแข็งแล้วไม่กลมกลืนกัน มีเนื้อสารแตกต่างกัน โดยสารหนึ่งมีสมบัติที่แม่เหล็กดูดได้หรือที่เรียกว่า สารแม่เหล็ก เช่น สารผสมระหว่างผงเหล็กกับผงกำมะถัน หรือผงเหล็กกับทราย เมื่อใช้แม่เหล็กดูดผงเหล็กออกจากสารผสมจะแยกองค์ประกอบออกจากกันได้

1.1.3 ใช้ตัวทำละลาย วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของแข็ง ซึ่งองค์ประกอบในสารนี้มีความสามารถในการละลายต่างกัน โดยนำไปละลาย

ในตัวอย่างที่ละลายที่เหมาะสม แล้วกรองเอาสารที่ไม่ละลายออก ส่วนสารที่ละลายไปแล้วนำไปประเหยไล่ตัวทำละลาย เช่น ดินที่มีเกลือปนอยู่ เราสามารถสกัดเกลือออกจากดินได้ โดยนำดินที่มีเกลือไปละลายน้ำ เกลือจะละลายน้ำได้แต่ดินไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำของเหลวที่ได้ไปผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง ดินจะติดอยู่บนกระดาษกรอง ส่วนของเหลวที่ได้จากการกรอง เมื่อนำไปต้มจนแห้งจะได้เกลืออยู่ที่ก้นภาชนะ ดินเป็นของผสมถ่าน กำมะถันและดินประสิว ใช้ละลายดินประสิวก่อน แล้วใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์ละลาย กำมะถันออก ก็จะเหลือถ่านเพียงอย่างเดียว

1.1.4 โดยการหลอมเหลว วิธีนี้อาศัยความแตกต่างของจุดหลอมเหลวของสารต่าง ๆ ที่ปนกันอยู่นั้น เช่น ทราวยกับตะกั่ว เมื่อนำไปหลอม ตะกั่วจะหลอมเหลวก่อนโดยทราวยยังไม่ทันหลอมเหลว แล้วรินเอาตะกั่วเหลวออก

1.1.5 โดยการระเหิด วิธีนี้ใช้ในการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของแข็ง โดยที่สารหนึ่งมีสมบัติระเหิดได้

การระเหิด เป็นปรากฏการณ์ที่สารบางชนิดสามารถเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊สเลย โดยไม่เปลี่ยนเป็นของเหลวก่อน

เมื่อนำสารเนื้อผสมมาให้ความร้อน ของแข็งที่มีสมบัติระเหิดได้จะกลายเป็นไอแยกออกจากสารเนื้อผสม ถ้าผ่านไอลงสู่ภาชนะที่เย็นกว่าจะกลายเป็นของแข็งเหมือนเดิม เช่น ผงทราวยกับลูกเหม็น (แนฟทาลีน) ผงทราวยกับการบูร โดยทั้งลูกเหม็นและการบูรจะสามารถระเหิดได้

1.1.6 โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น เช่น ผงแกรนิต(Granite) มีสารสามชนิดผสมอยู่ด้วยกัน คือ เฟลสปาร์ (Felspar) ซึ่งมีความหนาแน่น 2.57 ไมคา (Mica) มีความหนาแน่น 2.85 และควอตซ์ (Quartz) ซึ่งมีความหนาแน่น 2.65 ถ้าต้องการแยกผงแกรนิต ก็นำมาปั่นให้ละเอียดแล้วเติมของผสมของเบนซีนและเมธิลีนไอโอดีน (Methylene Iodide) ลงไป โดยให้ของผสมนี้มีความหนาแน่น 2.6 เฟลสปาร์จะลอยขึ้นแล้วช้อนออก

1.1.7 โดยอาศัยความตึงผิว (Surface Tension) ของผสมของสังกะสีซัลไฟด์ (Zinc Blende) กับทราวย ถ้านำไปโปรยบนผิวน้ำ ทราวยจะเปียกน้ำแล้วจม แต่สังกะสีซัลไฟด์ไม่เปียก จะยังคงลอยอยู่ถึงแม้ว่าสังกะสีซัลไฟด์จะหนักกว่าน้ำก็ตาม ดังนั้น จึงแยกสังกะสีซัลไฟด์ออกจากทราวยได้ วิธีการนี้อาจใช้สำหรับแยกสินแร่ต่าง ๆ ได้ เช่น แยกสังกะสีซัลไฟด์ (Zinc Blende) จากกาไลนา (Pbs) นำสินแร่นี้มาปั่นให้ละเอียด แล้วผสมลงในน้ำและน้ำมันยูคาลิปตัสเล็กน้อย กวนให้เข้ากันโดยใช้อากาศพ่นลงไป ซิงค์เลนส์จะลอยอยู่ส่วนบน ส่วนกาไลนาจะจม

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

1.2 วิธีแยกของแข็งปนของเหลว มีดังนี้

1.2.1 โดยการกรอง เป็นการแยกเอาสารที่ไม่ละลายในของเหลวออก หรือการแยกเอาของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวออกจากของเหลวได้ วิธีนี้ต้องให้ของเหลวไหลผ่านวัสดุที่ใช้กรอง เช่น กระดาษกรอง กรองเอาอนุภาคของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวออกซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของวัสดุที่ใช้กรองให้ติดอยู่กับวัสดุที่ใช้กรอง เช่น การกรองตะกอนออกจากน้ำ การกรองเศษผงออกจากน้ำเชื่อม

เสรี ไตรรัตน์ (2513 : 15-16) ได้กล่าวถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองว่า ประกอบด้วย

1.2.1.1 กรวยกรอง (Funnel) ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปทำด้วยแก้วและทำมุม 60° กันกรวยมืออย่างสั้นและอย่างยาว และปลายก้นตัดเป็นปากฉลาม กรวยกรองก้นยาวกรองได้เร็วกว่าชนิดก้นสั้น

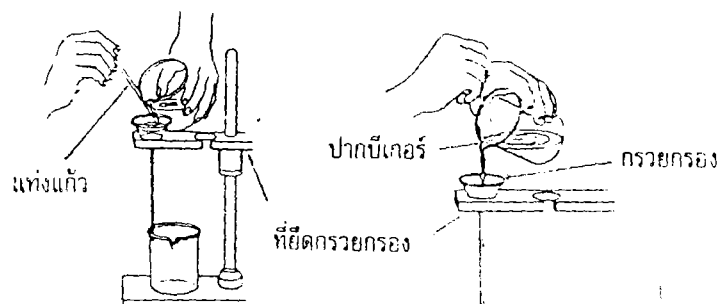
1.2.1.2 ที่ยึดกรวยกรอง (Funnel Stand) เป็นอุปกรณ์สำหรับรองรับกรวยกรอง

1.2.1.3 กระดาษกรอง (Filter Paper) มีหลายชนิดและขนาดต่าง ๆ กัน การเลือกใช้กระดาษกรองขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของตะกอน ตลอดจนจุดประสงค์ของการแยกตะกอนด้วย แต่ที่ใช้กันส่วนมากมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.0 และ 11.0 เซนติเมตร โดยทั่ว ๆ ไป กระดาษกรองที่ใช้กันมี 3 ชนิดคือ

- 1) กระดาษกรองที่ใช้กรองตะกอนชนิดละเอียด จะกรองได้ช้ามาก ใช้เวลานานเพราะน้ำไหลผ่านได้ช้าเนื่องจากกระดาษกรองเนื้อละเอียด
- 2) กระดาษกรองที่ใช้กรองตะกอนขนาดปานกลาง จะกรองได้ความเร็วกว่าปานกลาง
- 3) กระดาษกรองที่ใช้กรองตะกอนที่มีลักษณะคล้ายวันหรือตะกอนขนาดใหญ่ จะกรองได้เร็ว

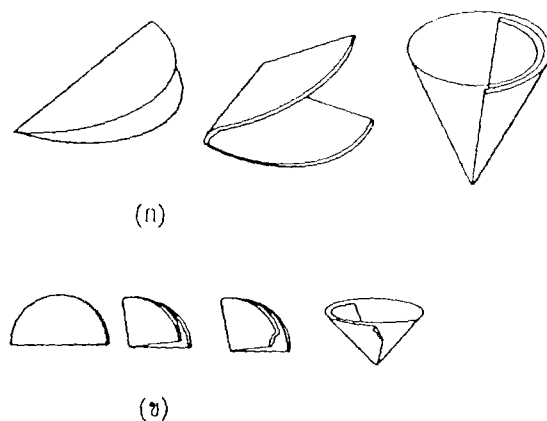
เมื่อจะทำการกรองต้องถือหลักปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. เมื่อนำกระดาษกรองที่พับแล้วใส่ลงในกรวยกรอง เทน้ำลงบนกระดาษกรองให้เปียกโดยทั่วกัน แล้วใช้มือกดอย่างเบา ๆ ให้กระดาษแนบแน่นกับผิวของกรวยกรอง และป้องกันอากาศผ่านไประหว่างกรวยกรองกับกระดาษกรอง ซึ่งถ้าอากาศผ่านไปได้จะพาทำให้กรองช้าลง
2. เมื่อสารละลายที่มีตะกอนลงบนกระดาษกรอง ควรเทให้สารละลายไหลไปตามแฉกแก้วดังภาพที่ 1 และเมื่อจะหยุดเทก็ควรจลาปากฟลาสตรงที่สารละลายออกมานั้นไปตามแฉกแก้วตอนบนเพื่อป้องกันมิให้น้ำหรือสารละลายไหลลงมาข้าง ๆ
3. อย่าให้สารละลายลงในกระดาษกรองสูงเกินขอบกระดาษกรอง ควรให้ระดับของสารละลายอยู่ต่ำกว่าขอบกระดาษกรองอย่างน้อย 1 เซนติเมตร
4. ควรให้ก้นของกรวยกรองทางด้านแหลมแตะกับข้าง ๆ ของบีเกอร์ที่เป็นภาชนะรองรับสิ่งกรอง (Filtrate) เพื่อป้องกันสิ่งกรองที่หยดลงมากะเด็น



ภาพประกอบ 1 วิธีการกรองและการหลอมละลายลงในกระตาศกรอง โดยให้ไหลตามแท่งแก้ว
ที่มา : ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2539). เทคนิคทางเคมี. หน้า 74. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ปรกาศพริก.

กระตาศกรองที่นำมาใช้ในการกรอง ต้องพับให้เป็นรูปกรวยด้วยคือพับให้เป็นครึ่งวงกลมเสียก่อน แล้วจึงพับอีกครั้งหนึ่งให้เหลือเพียงหนึ่งในสี่ของวงกลม แต่การพับครึ่งหลังนี้ให้ริมทั้งสองข้างของครึ่งวงกลมเหลื่อมกันเล็กน้อย แยกกระตาศที่พับนี้ออกจากกัน ซึ่งด้านหนึ่งจะมีความหนาสามชั้น ส่วนอีกด้านหนึ่งจะมีความหนาเพียงชั้นเดียว ฉีกมุมที่เหลือออกเล็กน้อยเพื่อให้กระตาศแนบสนิทกับผิวกรวยกรอง ดังภาพประกอบ 2



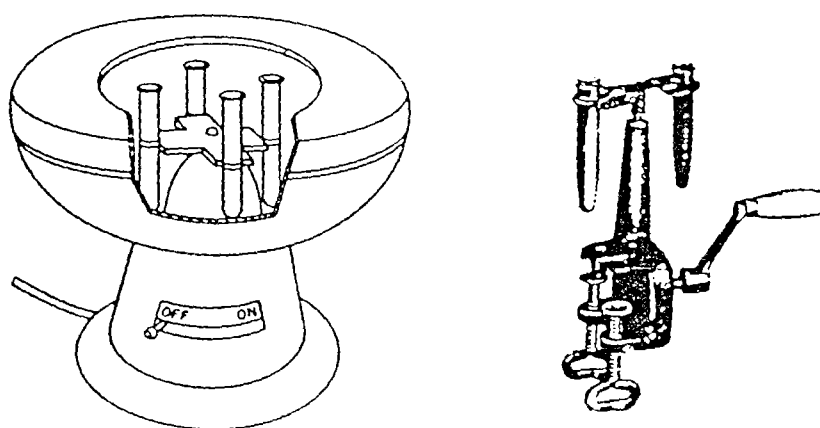
ภาพประกอบ 2 การพับกระตาศกรองให้เป็นรูปกรวย
ที่มา : ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2539). เทคนิคทางเคมี. หน้า 78. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ปรกาศพริก.

1.2.2 โดยการตกตะกอน เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของเหลว โดยไม่เกิดการละลายจะทำให้ของเหลวขุ่น จึงต้องแยกของแข็งออกจากของเหลว โดยตั้งทิ้งไว้หนึ่ง ๆ เพื่อให้ของแข็งตกตะกอนนอนก้น แล้วรินเอาของเหลวออก และถ้าต้องการให้

สารตกตะกอนได้เร็วจะใช้สารส้มแกว่งในสารเพื่อให้ตะกอนจับตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น แล้วตกลงสู่ก้นภาชนะได้เร็วขึ้น ดังนั้น ในภาชนะส่วนบนจะเป็นของเหลวใส ส่วนล่างจะเป็นตะกอนนอนกัน

1.2.3 โดยใช้เครื่องเหวี่ยง (Centrifugal Apparatus) เครื่องเหวี่ยงเป็นเครื่องมือที่ใช้

แยกตะกอนออกจากสารละลาย โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนอย่างรวดเร็ว การหมุนเหวี่ยงแรง ๆ จะทำให้ตะกอนนอนกันหลุด จากนั้นจึงรินเอาน้ำใส ๆ ออก เครื่องเหวี่ยงเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่สำคัญที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีอยู่หลายแบบ แต่ละแบบมีความเหมาะสมกับงานแต่ละประเภท ที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่หมุนด้วยไฟฟ้าและแบบที่หมุนด้วยมือดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบหมุนด้วยไฟฟ้าชนิดธรรมดา (ภาพซ้ายมือ) และแบบหมุนด้วยมือ (ภาพขวามือ)

ที่มา : ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2539). *เทคนิคทางเคมี*. หน้า 32. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ปรกาศพริก.

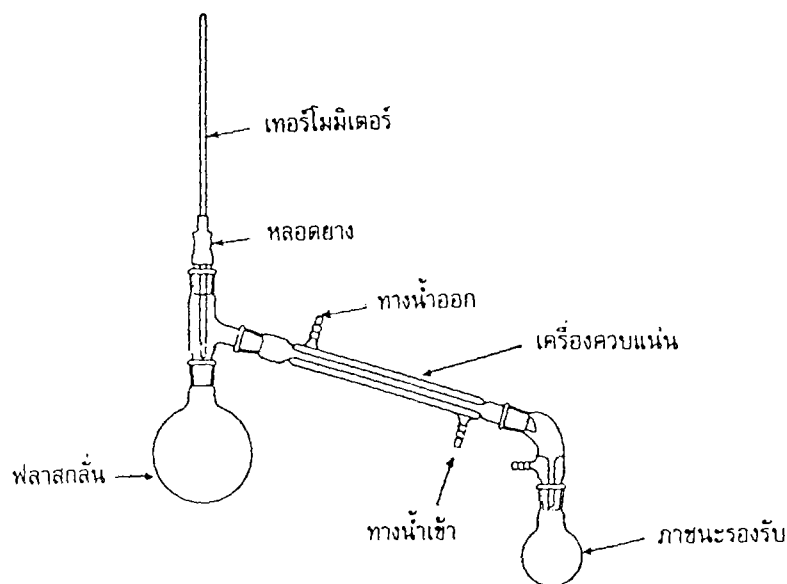
1.2.4 โดยการระเหยจนแห้ง วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารที่เกิดจากของแข็งผสมกับของเหลว โดยของแข็งอาจจะละลายหรือไม่ละลายในของเหลวก็ได้ เมื่อให้ความร้อนแก่สารประเภทนี้ ส่วนประกอบที่เป็นของเหลวจะระเหยเป็นไอจนหมด คงเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น การทำนาเกลือ โดยน้ำทะเลที่มีเกลือละลายอยู่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะกลายเป็นไอจนหมด และเหลือไว้เฉพาะเกลือซึ่งเป็นของแข็ง

1.2.5 โดยการกลั่น วิธีนี้เป็นการแยกตัวทำละลายที่ระเหยได้ออกจากตัวถูกละลายที่ไม่ระเหย เมื่อตัวทำละลายกลายเป็นไอหมด ก็จะได้ตัวถูกละลายเป็นของแข็งเหลืออยู่ในภาชนะที่ใช้กลั่น แล้วทำให้ไอของตัวทำละลายเป็นของเหลวตามเดิมได้ โดยการควบแน่น ซึ่งองค์ประกอบในสารที่ผสมกันจะต้องมีจุดเดือดต่างกัน เช่น การแยกน้ำกับเกลือในน้ำเกลือออกจากกัน (ลัดดา มีสุข. 2539 : 308)

การกลั่น เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้กลายเป็นไอโดยใช้ความร้อนแล้วทำให้ไอควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีก โดยทั่วไปแล้วสารที่ระเหยง่ายจะมีความดันไอสูงที่อุณหภูมิห้อง ส่วนสารที่

ไม่ระเหยจะมีความดันไอต่ำ นั่นคือสารที่ระเหยได้ง่ายจะมีความดันไอสูงกว่าแต่จุดเดือดต่ำกว่าสารที่ไม่ระเหย

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการกลั่นอย่างง่ายมีลักษณะดังภาพประกอบ 4 ประกอบด้วย ฟลาสกลั่น (ควรมีปริมาตรเป็น 2 เท่าของของเหลวที่จะกลั่น) เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องควบแน่น และภาชนะรองรับสารที่กลั่นได้



ภาพประกอบ 4 ลักษณะการจัดอุปกรณ์ในการกลั่นอย่างง่าย

ที่มา : ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2539). เทคนิคทางเคมี. หน้า 84. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ประกายพริก.

การกลั่นอย่างง่ายมีเทคนิคการทำให้เป็นชั้น ๆ ดังนี้ (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. 2539 : 83-84)

1. เทของเหลวที่จะกลั่นลงในฟลาสกลั่น โดยใช้กรวยกรอง
2. เติมชิ้นกันเดือดพลุ่ง (ใช้ Boiling Stone หรือ Boiling Chips ก็ได้) เพื่อให้การเดือดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและไม่รุนแรง
3. เสียบเทอร์โมมิเตอร์
4. เปิดน้ำให้ผ่านเข้าไปในเครื่องควบแน่นเพื่อให้เครื่องควบแน่นเย็นโดยให้น้ำเข้าทางที่ต่ำแล้วไหลออกทางที่สูง
5. ให้ความร้อนแก่ฟลาสกลั่นจนกระทั่งของเหลวเริ่มเดือด ให้ความร้อนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งอัตราการกลั่นคงที่ คือได้สารที่กลั่นประมาณ 2-3 หยดต่อวินาที ให้สารที่กลั่นได้นี้ไหลลงในภาชนะรองรับ
6. การกลั่นต้องดำเนินต่อไปจนกระทั่งเหลือสารอยู่ในฟลาสกลั่นเพียงเล็กน้อยอย่ากลั่นให้แห้ง

ข้อควรระวัง เมื่อต้องการระเหยสารละลายเพื่อแยกตัวทำละลายออกจากกันโดยใช้ความร้อนจากไฟฟ้าหรือตะเกียง ไม่ควรระเหยสารละลายให้แห้งสนิทเพราะของแข็งที่ได้นี้อาจจะสลายตัวได้

1.2.6 แยกโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent Extraction) ใช้แยกสารที่ต้องการออกจากกัน โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งสามารถละลายสารหนึ่งแต่ไม่ละลายสารอื่นซึ่งเป็นองค์ประกอบ และจะต้องไม่ผสมกับสารละลายเดิม เช่น ต้องการแยกไขมันออกจากน้ำมัน ทำได้โดยใช้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ละลายไขมัน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ละลายไขมันได้ดี และแยกตัวเป็นชั้นอยู่ข้างล่างเพราะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ นำไปใส่ในกรวยแยกเพื่อแยกเอาคาร์บอนเตตระคลอไรด์และไขมันออกมา ตั้งทิ้งไว้ให้คาร์บอนเตตระคลอไรด์ระเหยออกไปก็จะเหลือแต่ไขมัน

1.3 วิธีแยกของแข็งในแก๊ส แยกโดยใช้ความร้อน แก๊สจะระเหยหนีไป

1.4 วิธีแยกของเหลวปนของเหลว

1.4.1 ถ้าไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แยกออกจากกันโดยใช้กรวยแยก (Separating Funnel) เช่น น้ำปนกับน้ำมัน น้ำมันเบาจะลอยอยู่ข้างบน เมื่อเปิดก๊อกของกรวยแยกออก น้ำซึ่งอยู่ตอนล่างจะไหลออกมาก่อน พอระดับน้ำลดลงมาถึงที่ปิดเปิดก๊อกก็ให้ปิดก๊อกทันที ที่เหลือในกรวยแยก คือน้ำมัน

1.4.2 ถ้าเป็นของเหลวซึ่งปนเป็นเนื้อเดียวกันแต่มีจุดเดือดต่างกันมาก แยกโดยใช้การกลั่นลำดับส่วน (Fractional Distillation)

การกลั่นลำดับส่วน เป็นการกลั่นแยกของเหลวเนื้อเดียวกันออกจากกัน ซึ่งต่างจากการกลั่นแยกของเหลวออกจากของแข็ง เพราะการกลั่นแยกของเหลวออกจากกันถ้ากลั่นเพียงครั้งเดียวของเหลวที่ได้จะไม่บริสุทธิ์ ต้องกลั่นหลายครั้ง หรือกลั่นภายในหอกลั่น อย่างไรก็ตามสารที่แยกโดยการกลั่นลำดับส่วน ต้องมีสมบัติดังนี้

- 1) จุดเดือดของของเหลวนั้นต้องต่างกันอย่างน้อย 20 องศาเซลเซียส
- 2) ของเหลวที่มีจุดเดือดสูงกว่า ต้องระเหยยาก

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

1.5 วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส

1.5.1 การให้ความร้อน เป็นวิธีการที่ทำให้ของเหลวปนแก๊สมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แก๊สที่ละลายอยู่ในของเหลวจะละลายได้น้อยลง เนื่องจากการละลายของแก๊สในของเหลวขึ้นกับอุณหภูมิ โดยแก๊สจะละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้แก๊สที่ละลายในของเหลวหนีออกจากของเหลว คงเหลือแต่ของเหลวเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น น้ำโซดา เป็นเครื่องดื่มที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ในน้ำ เมื่อเรานำน้ำโซดามาต้ม จะพบว่าฟองแก๊สพุ่งขึ้นเหนือน้ำเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการต้มทำให้อุณหภูมิของน้ำโซดาเพิ่มขึ้นส่งผลให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำละลายได้น้อยลง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงหนีออกจากน้ำ คงเหลือแต่น้ำเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การต้มจึงเป็นวิธีไล่แก๊สออกจากของเหลววิธีหนึ่ง

1.5.2 การลดความดัน เป็นวิธีการที่ทำให้แก๊สที่ละลายในของเหลวละลายได้น้อยลง เนื่องจากความดันเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการละลายของแก๊สในของเหลว กล่าวคือแก๊สจะละลายในของเหลวได้มากเมื่อเพิ่มความดัน แต่ละลายได้น้อยเมื่อลดความดัน ดังนั้นเมื่อเราลดความดัน แก๊สจะหนีออกจากของเหลว ตัวอย่างเช่น การเปิดจุกขวดน้ำโซดาและน้ำอัดลม น้ำโซดาและน้ำอัดลม เป็นเครื่องดื่มที่มีแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ ขณะที่จุกยังปิดอยู่ความดันของแก๊สเหนือของเหลวในขวดมีอยู่มาก เมื่อเราเปิดจุกขวดเท่ากับเราลดความดัน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงหนีออกจากของเหลว ซึ่งจะเห็นเป็นฟองฟุ้งออกมาจากขวด

1.6 วิธีแยกแก๊สปนแก๊ส

1.6.1 โดยวิธีการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง จนแก๊สชนิดหนึ่งกลายเป็นของเหลวไปส่วนแก๊สอีกชนิดหนึ่งยังคงมีสถานะเป็นแก๊สอยู่ ทั้งนี้เพราะแก๊สทั้งสองมีขีดเป็นของเหลวต่างกัน

1.6.2 โดยวิธีใช้สารบางอย่างดูดแก๊สออก เช่น แก๊สในโตรเจนผสมกับออกซิเจน ก็ผ่านแก๊สผสมลงไปในสารละลายที่เป็นด่างของไฟโรกัลลอล(Alkaline Pyrogallol) ซึ่งจะดูดเอา ออกซิเจนออกก็จะเหลือไนโตรเจนวิธีที่จะแยกเอา ออกซิเจนออกมาก็โดยใช้ความร้อน

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

นอกจากนี้ยังมีเทคนิคอื่น ๆ ที่ใช้แยกของผสมชนิดต่าง ๆ กันได้หลายชนิด และนิยมใช้กันแพร่หลายคือ วิธีโครมาโตกราฟี (Chromatography) ซึ่งมีวิธีการ ดังนี้ (เผด็จ สิทธิสุนทร และคนอื่น ๆ. 2539 : 25-35)

โครมาโตกราฟี (Chromatography)

โครมาโตกราฟีเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน สำหรับทำสารให้บริสุทธิ์ แยกสารผสมออกจากกัน และระบุ (Identify) สารอินทรีย์และสารชีวเคมี เป็นต้นว่า Amino Acid, Lipid, Carbohydrate, Alkaloid ฯลฯ คำว่า โครมาโตกราฟี แปลว่า การแยกออกเป็นสี ๆ (The Production of Color Scheme) ทั้งนี้เนื่องจาก Tswett ชาวรัสเซีย ผู้เริ่มใช้เทคนิคนี้เป็นคนแรกในปี ค.ศ.1906 ได้แยกสารที่สกัดออกจากใบไม้ ออกได้เป็นสีต่าง ๆ ในคอลัมน์ ความจริงนอกจากใช้แยกสารที่มีสีได้แล้ว วิธีโครมาโตกราฟียังสามารถแยกสารที่ไม่มีสีอีกด้วย

วิธีทางโครมาโตกราฟีเกี่ยวข้องกับการแจกแจง (Distribution) ของสารระหว่างสองเฟส โดยเฟสหนึ่งอยู่กับที่เรียกว่า เฟสคงที่ (Stationary Phase) ส่วนอีกเฟสหนึ่งเคลื่อนที่ได้เรียกว่า เฟสเคลื่อนที่ (Mobile Phase) เราสามารถแบ่งโครมาโตกราฟีอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 พวก ตามลักษณะของเฟสที่เกี่ยวข้อง คือ

ก. โครมาโตกราฟีแบบดูดซับ (Adsorption Chromatography)

ข. โครมาโตกราฟีแบบแบ่งส่วน (Partition Chromatography)

โครมาโตกราฟีแบบดูดซับ (Adsorption Chromatography) ในกรณีนี้ เฟสคงที่เป็นของแข็ง เช่น อะลูมินา หรือซิลิกาเจล ส่วนเฟสเคลื่อนที่ อาจเป็นก๊าซหรือเป็นของเหลวก็ได้ ตัวอย่างได้แก่ Column Chromatography, Thin Layer Chromatography , Gas – Solid Chromatography

โครมาโตกราฟีแบบแบ่งส่วน (Partition Chromatography) ในกรณีนี้ เฟสคงที่เป็นของเหลว ส่วนมากมักจะเป็นน้ำซึ่งถูกพองอยู่ด้วยของแข็ง (Supporter) ที่พรุน เช่น ดินเบา (Kieselguhr) หรือเซลลูโลส

(Cellulose) ส่วนเฟสเคลื่อนที่ อาจเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้ ตัวอย่างได้แก่ เปเปอร์ โครมาโทกราฟี (Paper Chromatography) Gas – Solid Chromatography

เทคนิคทางโครมาโทกราฟีที่พอจะทำการทดลองได้ง่าย และไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ได้แก่

คอลัมน์ โครมาโทกราฟี (Column Chromatography)

ทินเลเยอร์ โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography)

เปเปอร์ โครมาโทกราฟี (Paper Chromatography)

คอลัมน์ โครมาโทกราฟี วิธีนี้เราใช้คอลัมน์แก้วบรรจุผงของตัวดูดซับ (Adsorbent) ซึ่งชุ่มอยู่ด้วยตัวทำละลาย (Solvent) ชนิดหนึ่ง เอาสารผสมที่ต้องการจะแยก (Solute) ซึ่งละลายอยู่ในตัวทำละลายจะสารที่ต้องการจะแยกให้เคลื่อนลงไป (Elute) ด้วยอัตราเร็วต่างกัน จนในที่สุดจะได้แถบสี (Color Band) ของแต่ละสารแยกออกจากกัน (ในกรณีที่สารเหล่านั้นมีสีในตัวเอง) แต่ถ้าสารเหล่านั้นไม่มีสี เราจำเป็นต้องใช้วิธีอื่นเพื่อหาว่าแต่ละแถบสีอยู่ตรงไหนของคอลัมน์ เช่น อาจตรวจด้วยแสงอัลตราไวโอเลต (ในกรณีที่รังสีนี้ทำให้สารนั้นเรืองแสงได้) หรือสเปรย์ด้วยรีเอเจนต์บางชนิดไปบนตัวดูดซับสำหรับตรวจหาสาร หรือเคลือบตัวดูดซับด้วยสารฟลูออเรสเซนต์ เมื่อสารอยู่ที่ตำแหน่งใดตรงนั้นจะมีสี เพราะสารไปบังการเรืองแสง เป็นต้น

การที่สารในสารผสมแยกออกจากกันได้ ก็เนื่องจากว่า แต่ละสารถูกดูดซับ (Adsorb) ไว้โดยตัวดูดซับในอัตราที่ไม่เท่ากัน สารที่ถูกดูดซับไว้มากกว่า ย่อมเคลื่อนลงมาช้ากว่าสารที่ถูกดูดซับน้อยกว่า จากหลักอันนี้ เราก็สามารถแยกสารที่มีขั้วต่างกันออกจากกันได้ สารที่มีขั้วมาก เช่น กรด เบส (Amine) แอลกอฮอล์ Amide และ Nitro Compound จะถูกดูดไว้แน่นและถูกชะได้ยากกว่าสารที่มีขั้วน้อยกว่า เช่น Aldehyde, Ketone, Ester, Ether, Halogen Compound, Unsaturated Hydrocarbon, Saturated Hydrocarbon เป็นต้น

ตัวอย่างสารที่อาจจะแยกออกจากกันได้โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบดูดซับนี้ ก็พวกสีย้อม (Dye) Chlorophyll, Alkaloid ฯลฯ

ตัวดูดซับที่ใช้ส่วนมาก คือ อะลูมินา (Alumina, Al_2O_3) หรือซิลิกาเจล (Silica Gel, SiO_2) ซิลิกาเจลใช้ได้ดีมากกับสารเกือบทุกชนิด (โดยเฉพาะสารที่เป็นกรดเป็นกลาง หรือเป็นเบสที่อ่อนมาก) ส่วนอะลูมินาใช้ได้ดีกับสารที่เป็นเบส ตัวดูดซับอื่น ๆ ที่ใช้ได้ก็มีอีก เช่น $MgCO_3$, $CaSO_4$, $CaCO_3$, Na_2CO_3 , Starch, Sucrose เป็นต้น ตัวดูดซับเป็นผงละเอียดมีพื้นที่ผิวมาก ซึ่งทำให้มีปริมาณพื้นที่ผิวที่มีขั้วมาก ที่จะดูดหรือยึดตัวถูกละลายที่มีจำนวนน้อยไว้ด้วยแรงดึงดูดแบบไฟฟ้าสถิต

ตัวทำละลายแต่ละชนิดจะทำให้อัตราเร็วในการแยกสารต่าง ๆ ออกจากตัวดูดซับหรืออำนาจการชะ (Eluting Power) ไม่เท่ากัน ตัวทำละลายที่มีขั้วมาก จะยิ่งพาสารต่าง ๆ เคลื่อนที่ได้เร็วมาก ดังนั้นเรามักจะเลือกตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วน้อย สำหรับแยกสารที่ถูกดูดน้อยออกมาก่อน แล้วเลือกตัวทำละลายที่มีขั้วมากขึ้น สำหรับแยกสารที่ถูกดูดดีขึ้นตามลำดับ ตัวทำละลายสามัญที่ใช้เรียงตามลำดับของอำนาจการชะหรือสภาพมีขั้ว (Polarity) จากน้อยไปหามาก คือ

1. Petroleum Ether หรือ Hexane
2. Cyclohexane
3. Carbon Tetrachloride
4. Benzene
5. Chloroform
6. Ether
7. Acetone
8. Ethanol
9. Methanol
10. Water
11. Organic Acid

ถ้าต้องการตัวทำละลายที่มีอำนาจการชะพหุเหมาะสม อาจต้องผสมตัวทำละลายสองชนิดหรือมากกว่านั้นเข้าด้วยกัน (เบนซีนและคาร์บอนเตตระคลอไรด์เป็นสารที่มีพิษ เวลาใช้ต้องระมัดระวังให้มาก)

ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (TLC) วิธีนี้เราให้ตัวดูดซับที่เป็นของแข็งเป็นชั้นหรือเป็นฟิล์มบาง ๆ หนา 0.25 – 1 mm ติดอยู่บนแผ่นกระจก โดยมากมักจะใช้แผ่นกระจกไมโครสโคปสไลด์ เพราะสะดวกและรวดเร็วดี แล้วนำสารละลายของสารผสมที่จะแยกจำนวนเล็กน้อยไปจุด (Spot) บนตัวดูดซับที่ใกล้ปลายกระจกข้างหนึ่ง โดยใช้หลอดแคปิลลารี (Capillary Tube) เมื่อตัวทำละลายระเหยไปแล้ว สารจะติดอยู่บนตัวดูดซับ นำแผ่นสไลด์นี้ไปใส่ในภาชนะที่มีตัวทำละลายชนิดหนึ่ง (อาจเป็นตัวทำละลายผสมก็ได้) โดยให้ระดับของตัวทำละลายอยู่ต่ำกว่าจุดของสาร เมื่อปิดภาชนะเพื่อให้ภายในภาชนะอิ่มตัวด้วยไอของตัวทำละลาย ตัวทำละลายจะซึมขึ้นมาข้างบนตามแนวตั้งผ่านจุดที่มีสาร สารต่าง ๆ จะเคลื่อนที่ตามตัวทำละลายขึ้นมาด้วยอัตราเร็วที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวทำละลายและขึ้นอยู่กับตัวดูดซับแบบเดียวกับในวิธีคอลัมน์

การที่จะทราบว่สารที่ไม่มีสีเคลื่อนที่มาอยู่ตรงไหน ทำได้หลายวิธี แบบเดียวกับในวิธีคอลัมน์และนอกจากนั้นวิธีที่เป็นประโยชน์มากอีกวิธีหนึ่งก็คือ นำแผ่นสไลด์ที่มีสารนี้ไปใส่ในภาชนะปิดที่มีไอไอโอดีนสารอินทรีย์ส่วนมากจะเกิดสารเชิงซ้อนอย่างอ่อนที่ผันกลับได้ (Reversible Weak Complex) กับไอไอโอดีนให้จุดที่มีสีน้ำตาล เวลาที่ใช้อาจเร็วเป็น 5 – 10 วินาที หรืออาจนานถึง 10 – 15 นาที แล้วแต่ว่าสารนั้นดูดกลืน (Absorb) ไอไอโอดีนเร็วหรือช้า

ตัวดูดซับที่ใช้อาจเป็นซิลิกาเจล หรืออะลูมินา แบบเดียวกับในวิธีคอลัมน์ ในกรณีของซิลิกาเจล อำนาจในการดูดซับขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่มีด้วย ถ้ามีน้ำอยู่ด้วยมาก ความสามารถในการดูดซับจะลดลงในการเตรียมแผ่นสไลด์ของตัวดูดซับ เรามักจะกวนซิลิกาเจลหรืออะลูมินากับน้ำจนเป็น Slurry แล้วให้กระจายบนแผ่นสไลด์ให้ทั่วถึงอย่างสม่ำเสมอ แล้วนำแผ่นสไลด์ที่เคลือบแล้วนี้ไปก่อกัมมันต์ (Activate) โดยทำให้ร้อน เช่น อังหลอดไฟฟ้า 60 วัตต์ หรือนำไปใส่ในเตาอบที่อุณหภูมิประมาณ 100 – 200 °C ประมาณ 10 นาที แผ่นสไลด์ที่เคลือบไว้นาน ๆ อาจสูญเสียกัมมันตภาพ (Activity) ไปบ้าง ให้นำมาก่อกัมมันต์ใหม่ โดยการอังหลอดไฟ หรือเข้าเตาอบดังกล่าแล้ว แต่ถ้าใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ระเหยง่าย เช่น คลอโรฟอร์ม เมื่อเคลือบตัวดูดซับบนแผ่นสไลด์เรียบร้อยแล้ว ปล่อยให้คลอโรฟอร์มระเหยไปจนหมด ก็นำแผ่นสไลด์นี้ไปใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องทำให้ร้อนก่อน

ตัวทำละลายที่คล้ายคลึงกันหรืออาศัยหลักเดียวกันในวิธีคอลัมน์ และส่วนมากมักจะใช้ตัวทำละลายผสม

วิธีนี้แยกสารจำนวนน้อยออกจากกัน และสำหรับระบุสาร เพราะเหตุว่าถ้าใช้ตัวดูดซับเดียวกันใช้ระบบตัวทำละลายเหมือนกัน ที่อุณหภูมิและภาวะเดียวกัน สารหนึ่ง ๆ จะมีค่า "Rate of Flow" หรือ ค่า R_f (R_f Value) คงที่

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

เปเปอร์โครมาโทกราฟี เป็นโครมาโทกราฟีแบบแบ่งส่วน (Partition Chromatography) ก็จริงแต่เทคนิคในการทำคล้ายคลึงกับวิธีทินเลเยอร์มาก นำสารละลายของสารผสมที่ต้องการจะแยก กับสารที่ต้องการเปรียบเทียบกับมาจุด (Spot) ด้วยหลอดแคปิลลารี (Capillary Tube) ให้แยกกันอยู่บนกระดาษกรองที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า พอแห้งแล้วก็เอากระดาษนี้ไปใส่ในภาชนะที่มีตัวทำละลายอินทรีย์ (ให้ภายในภาชนะอิ่มตัวด้วยไอของตัวทำละลาย) ให้ส่วนปลายของกระดาษที่มีจุดของสารจุ่มอยู่ทางด้านที่มีตัวทำละลาย

โดยที่ระดับของตัวทำละลายอยู่ต่ำกว่าจุดของสาร ตัวทำละลายจะซึมผ่านจุดขึ้นข้างบน ขณะที่ซึมผ่านนั้น ตัวทำละลายก็จะละลายพาสารต่าง ๆ ในสารผสมให้เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารและธรรมชาติของตัวทำละลาย ดังนั้นเมื่อทิ้งไว้ชั่วระยะหนึ่ง สารต่าง ๆ ก็จะแยกออกจากกัน สารหนึ่ง ๆ จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ ถ้าหากใช้ระบบตัวทำละลายที่เหมือนกันที่อุณหภูมิและภาวะเดียวกัน ค่า R_f ก็จะเป็นสมบัติประจำตัวของสารนั้น

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

การที่สารแยกออกจากกันได้วิธีเปเปอร์โครมาโทกราฟีนั้น ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับสารที่สารเหล่านั้นละลายในตัวทำละลายสองชนิด (ซึ่งไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน) ด้วยอัตราส่วนไม่เท่ากัน อาจกล่าวได้ว่า สารเหล่านั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งส่วนหรือการแจกแจง (Partition หรือ Distribution Coefficient) ต่างกัน โดยปกติกระตาะกรองเมื่อทิ้งไว้ในอากาศจะดูดน้ำหรือความชื้นไว้ประมาณ 5 – 20 % แล้วแต่ว่ามีไอน้ำอยู่ในอากาศมากน้อยเพียงใด น้ำที่ถูกดูดไว้จะจับแน่นกับโมเลกุลของเซลล์ลูโลสในกระตาะกรอง และน้ำนี้เองก็จะเป็นตัวทำละลายซึ่งไม่เคลื่อนที่ เรียกว่า เฟสคงที่ (Stationary Phase) เมื่อนำกระตาะกรองซึ่งมีจุดของสารติดอยู่แล้วไปจุ่มในตัวทำละลายอินทรีย์ (ซึ่งอาจจะเป็นตัวทำละลายเดี่ยว หรือตัวทำละลายผสมก็ได้) ปลอยให้ตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งเรียกว่า เฟสเคลื่อนที่ (Mobile Phase) ซึมผ่านจุดนั้นไป สารในจุดที่ละลายได้ดีในเฟสเคลื่อนที่ ดีกว่าเฟสคงที่ (น้ำซึ่งอยู่ในกระตาะกรอง) ก็จะเคลื่อนที่ไปได้เร็วกว่าตัวที่ละลายได้ดีในเฟสคงที่ ด้วยเหตุนี้เอง เราก็สามารถแยกสารออกจากสารผสมได้ วิธีนี้ใช้สำหรับระบุสารและแยกสารจำนวนน้อยออกจากกัน หลักของโครมาโทกราฟีแบบแบ่งส่วนนี้ใช้แยกสารได้หลายชนิด เป็นต้นว่า Amino Acid , Nucleotide, Sugar Lipid , Alkaloid ฯลฯ

การที่จะหาว่าสารต่าง ๆ ที่ไม่มีสี เคลื่อนที่ไปอยู่ตรงไหนของกระตาะกรอง เราอาจใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือสเปกตรัมเคมีบางชนิดบนโครมาโทแกรมที่แห้ง

การทดลองเรื่องเปเปอร์โครมาโทกราฟี เราจะใช้ตัวทำละลายเคลื่อนที่ขึ้นข้างบน (Ascending Method) หรือเคลื่อนที่ลงข้าง (Descending Method) ก็ได้ แต่นิยมให้เคลื่อนที่ขึ้นข้างบนมากกว่าเพราะแยกจากกันได้ชัดเจนดี และสามารถวัดระยะกระตาะกรองเป็นรูปทรงกระบอกได้ ในกรณีนี้โครมาโทแกรม ที่ได้จาก การให้ตัวทำละลายเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียว (One Dimensional Chromatogram) แยกสารออกจากกันไม่ชัดเจน เรามักจะทำ Two Dimensional Chromatogram โดยนำโครมาโทแกรมที่ได้ครั้งแรกมาใส่ในตัวทำละลายอีกชุดหนึ่ง ให้ตัวทำละลายชุดที่สองนี้เคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของการทำละลายชุดแรก

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ประกอบ ด้วยเนื้อหา 5 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่

1. วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง ใช้วิธีการระเหิด การใช้ตัวทำละลายและการใช้แม่เหล็กดูด
2. วิธีแยกของแข็งปนของเหลว ใช้วิธีการกรอง การกลั่นและการระเหยจนแห้ง
3. วิธีแยกของเหลวปนของเหลว ใช้วิธีแยกโดยใช้กรวยแยก
4. วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส ใช้วิธีแยกโดยการให้ความร้อน
5. วิธีโครมาโทกราฟี ใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (Paper Chromatography)

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า “ ปฏิบัติการ ” ตามความหมายในพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 (2531 : 494) หมายถึง การทดลอง พิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี ส่วนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นั้น ยังไม่มีผู้ให้นิยามไว้ แต่มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้ความหมายในลักษณะของวิธีการสอนวิธีหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

กาญจนา เกียรติประวัติ (2524 : 140) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการว่า หมายถึง กระบวนการสอนที่ใช้ประสบการณ์ เพื่อให้ได้ผลผลิตหรือข้อเท็จจริงจากการสังเกตและการทดลองเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม

บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278) ได้ให้ความหมายการสอนวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการว่า เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลอง ปฏิบัติ ฝึกการใช้ทฤษฎี โดยผ่านการสังเกต การทดลอง ภายใต้สภาพที่ควบคุมไว้

อรรถัย วิเศษสกุล (2534 : 11) ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้ การสอนแบบปฏิบัติการ หมายถึง การสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองด้วยตนเอง เพื่อมุ่งให้นักเรียนได้มีเสรีภาพทางความคิด และได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากกิจกรรมการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูให้คำแนะนำปรึกษา และบทปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยมีครูให้คำแนะนำปรึกษา

วีระชาติ สวนไพบรินทร์ (2531 : 39) ได้กล่าวถึง การสอนโดยปฏิบัติการทดลองว่า เป็นวิธีการสอนที่ให้นักเรียนมีโอกาสทำกิจกรรมการทดลองด้วยตนเองเป็นวิธีการสอนที่ดีวิธีหนึ่งตามขบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการเลียนแบบวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงวิธีหนึ่ง

สุวิมล เขียวแก้ว (2527 : 83) ได้กล่าวถึง วิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองว่า เป็นวิธีการสอนที่ใช้กันมากและเหมาะสมกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อมุ่งให้นักเรียนมีเสรีภาพทางความคิด ได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นโดยเน้นการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ

2.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1976 : 60-79) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในกิจกรรมมนุษย์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. เพื่อปลูกฝังทักษะการสืบสอบ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ ได้
3. เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้สึกซาบซึ้ง และเลียนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์
4. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งทางด้านความรู้ซึ่งต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทางด้านความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ฮอฟสไตน์ และลูเนตตา (Hofstein and Lunetta, 1982 : 203) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ เจตคติ ความพึงพอใจ ความมีใจกว้าง และความอยากรู้อยากเห็นในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหา
3. เพื่อส่งเสริมความคิดแบบวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทางสติปัญญา
5. เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติ

2.3 การจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สวัณท์ นิยมคำ (2517 : 143-144) ได้แบ่งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบทดลอง ออกเป็น 2 แบบ คือ

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory)

การทดลองแบบนี้ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่น ๆ ไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำสั่งซึ่งแจ้งในคู่มือการทดลอง (Lab Direction) ก็สามารถได้คำตอบออกมา ซึ่งการสอนแบบนี้ไม่ส่งเสริมความคิดเป็นของนักเรียนเท่าที่ควร

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory)

การทดลองแบบนี้ให้นักเรียนค้นหาคำตอบเอง โดยครูกำหนดปัญหาให้ เมื่อนักเรียนทราบปัญหาแล้ว ครูจะให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายวางแผนและกำหนดวิธีการแก้ปัญหา เมื่อได้แนวทางแล้วก็จะให้นักเรียนแยกกันทำการทดลองต่อไป แล้วนำผลที่ได้มาอภิปรายหน้าชั้นอีกครั้งหนึ่ง

การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางเป็นการส่งเสริมสมรรถภาพทางความคิด ซึ่งเป็นแนวทางการทดลองที่ควรนำมาปฏิบัติ โดยเริ่มต้นจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อนแล้วค่อย ๆ ลดการกำหนดแนวทางของครูเรื่อย ๆ จนในที่สุดนักเรียนสามารถที่จะแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

การทดลองแบบนี้ควรให้นักเรียนวางแผนการทดลองก่อน แล้วจึงลงมือทำการทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ การวางแผนการทดลองของครูอยู่ในฐานะเป็นพี่เลี้ยง การวางแผนการทดลองประกอบด้วย กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีการที่เหมาะสมที่จะทำการทดสอบสมมติฐานและสร้างแบบการทดลอง

การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางนี้ตรงตามเจตนารมณ์ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) เพราะเป็นการส่งเสริมความคิดขั้นสูงสุด การทดลองที่ยังไม่ทราบคำตอบล่วงหน้าบางที่เรียกว่า Open – Ended Experiment

การจัดการเรียนการสอนแบบทดลองทั้ง 2 แบบที่กล่าวมา มีความแตกต่างกันคือ การทดลองแบบสำเร็จรูป นักเรียนจะได้รับคำแนะนำหรือบอกให้ทราบถึงวิธีปฏิบัติการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการจัดกระทำกับข้อมูล ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง นักเรียนจะได้รับคำแนะนำเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่ได้รับคำแนะนำเลย นักเรียนจะมีอิสระที่จะศึกษาปัญหาที่กำหนดให้หรือปัญหาที่นักเรียนมีความสนใจตามแนวทางของตนเอง

สรุปได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนของประเทศไทย ซึ่งใช้หลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น มีการกำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน จึงจัดว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสำเร็จรูป

2.4 ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2527 : 85-86) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบสำเร็จรูป มีรูปแบบดังนี้

1. ครูตั้งปัญหาให้
2. ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูล หรือใช้วิธีการตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน
3. นักเรียนลงมือปฏิบัติการ เพื่อรวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่ได้รับการเสนอแนะ
4. นักเรียนจัดทำตารางแสดงข้อมูล เขียนกราฟตามที่ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ
5. นักเรียนตอบคำถามของครูโดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
6. นักเรียนและครูช่วยกันรวบรวมคำตอบเพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอดหรือเนื้อหาของสิ่งที่ศึกษา

ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบไม่กำหนดแนวทาง มีรูปแบบดังนี้

1. ครูตั้งปัญหาให้หรืออาจจะให้นักเรียนเลือกปัญหาที่อยากจะศึกษาซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่อาจคาดหมายผลการศึกษาได้ล่วงหน้า

2. นักเรียนช่วยกันนิยามปัญหาอย่างชัดเจน
3. นักเรียนเสนอวิธีการทดลองโดยอาจจะใช้เวลาระยะหนึ่งในการค้นคว้าเพื่อวางแผนการทดลอง ซึ่งอาจจะกำหนดวิธีการค้นคว้าที่เป็นไปได้ประมาณ 2-3 วิธี

4. นักเรียนทำการทดลองโดยสามารถปรับระยะเวลาได้
5. นักเรียนสังเกตและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งผลการทดลองอาจจะมีคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ

6. การทดลองอาจก่อให้เกิดปัญหาในการแสวงหาคำตอบนอกชั้นเรียนต่อไป
7. นักเรียนปรึกษาเกี่ยวกับผลการทดลองกับเพื่อน ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดความภาคภูมิใจในผลงานของเขา

8. ครูอาจตั้งคำถามในตอนท้ายเพื่อให้นักเรียนสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ รมมี (Romey, 1968 : 125) ได้แบ่งกิจกรรมการสอนแบบทดลอง ออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre – Lab Discussion) ในขั้นนี้จะมีการตั้งปัญหาถามนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทำการสาธิตเพื่อสร้างความสนใจ และให้ความสัมพันธ์บางอย่าง

2. ขั้นทำการทดลอง (Lab – Activity) ในขั้นนี้เป็นการให้นักเรียนลงมือทำการทดลองตามแนวที่ได้อภิปรายไว้ในขั้นก่อน บทบาทของครูจะอยู่ในฐานะผู้อำนวยความสะดวกมากกว่าที่จะเป็นผู้ทำการทดลอง เป็นกองหนุนดูแลช่วยเหลือและให้กำลังใจ อภิปรายร่วมกับนักเรียน ส่วนผู้มีบทบาทสำคัญนั้นคือนักเรียน

3. ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง (Post – Lab Discussion) หลังจากนักเรียนได้ทำการทดลองแล้ว ให้นักเรียนเสนอผลการทดลองในช่วงนี้ สิ่งที่อยู่ในมือครูคือ ผลการทดลองที่ถูกต้องจากหนังสือจากการทดลองมีอาชีพ จากการทดลองที่ใช้เครื่องมืออย่างดีหรือจากครู ข้อมูลและผลการทดลองชุดนี้มีไว้

เพื่อเปรียบเทียบกับของนักเรียนว่า การทดลองของนักเรียนเป็นอย่างไร นอกจากนี้ครูอาจจะให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

2.5 ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของการทำปฏิบัติการและการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลองไว้หลายท่าน ดังนี้

สุภาพ วาดเขียน (2523 : 10) กล่าวว่า การสอนโดยการทำปฏิบัติการ เป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้เด็กได้มีโอกาสเรียนรู้ มิใช่เป็นความรู้ที่ได้จากการบอกเล่าของครูแต่ฝ่ายเดียว เป็นวิธีสอนที่ดีวิธีหนึ่งตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นการเรียนรู้ตามหลักการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เด็กสามารถเรียนรู้กฎเกณฑ์ และข้อเท็จจริงที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้อย่างลึกซึ้งและรวดเร็ว

สุเทพ อุตสาหะ (2526 : 68) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนแบบทดลองไว้ว่า

1. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน
2. นักเรียนได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง
3. นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. เป็นการฝึกการแก้ปัญหาตามวิธีทางวิทยาศาสตร์
5. เป็นการเรียนรู้จากของจริง ทำให้จำได้นานกว่าการเรียนจากสัญลักษณ์
6. เป็นการเสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบูลย์ (2534 : 141) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนแบบทดลองไว้ว่า

1. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
2. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง
3. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์เหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
4. ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจำได้นาน
5. ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278-279) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการไว้ว่า

1. ผู้สอนมีอิสระที่จะให้ความช่วยเหลือและการสอนแก่ผู้เรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการทดลอง สามารถจัดให้กับผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มย่อยได้
3. ผู้เรียนสามารถศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสื่อที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง
4. เป็นเทคนิควิธีที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหา
5. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การสรุปครอบคลุม (Generalization) และการใช้การสรุปครอบคลุมในสถานการณ์ใหม่
6. เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง
7. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีทักษะมากขึ้น

16/10/22
95

8. ช่วยพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง มีประโยชน์คือ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และสนใจใฝ่หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นเอกสารที่กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองไว้ในบทปฏิบัติการโดยนำความรู้ในเรื่องเทคนิคการแยกสารมาสร้าง เพื่อให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2523 : 137) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียน การสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกฝน อบรมหรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่า เรียนแล้วรู้เท่าไรมีความสามารถมากน้อยเพียงใด

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529 : 29) กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ คุณลักษณะ รวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือคือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

วารี ว่องพินัยรัตน์ (2530 : 1) ได้ให้ความหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง การวัดดูว่านักเรียนมีพฤติกรรมต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งเป็นผลจากการได้รับการฝึกอบรมในช่วงเวลาที่ผ่านมา อันเป็นเรื่องราวของอดีต

ธงชัย ชิวปรีชา ณรงค์ชัย รูปนพนมและปรีชาญ เดชศรี (2526 : 238-255) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ความรู้ ความสามารถของนักเรียนในการเรียน ซึ่งการที่จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้นั้นต้องมีการกำหนดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เพื่อจะได้เป็นแนวทางและเป็นเกณฑ์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดพฤติกรรมสมรรถภาพทางสมองของผู้เรียนที่เปลี่ยนแปลงไปในด้านต่าง ๆ เมื่อผ่านการเรียนการสอน โดยมีการกำหนดจุดมุ่งหมายและทำการวัดภายหลังการเรียนการสอนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทย ได้มีการกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากแนวคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer) จำแนกได้ดังต่อไปนี้ (ธงชัย ชิวปรีชา ณรงค์ชัย รูปนพนมและปรีชาญ เดชศรี. 2526 : 238-255)

1. ความรู้ความจำ

1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์

- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับลำดับชั้นและแนวโน้ม
- 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 และการปรับเปลี่ยนจำลองเชิงทฤษฎี
- 3.5 การใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

- 4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน
- 4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน
- 4.3 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์

5. ธรรมชาติและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

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

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี
2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย จำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบกับหรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม
3. ด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
4. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญในการคิดและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดทางสมอง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจากผลการเรียนรู้ของนักเรียนในการตอบแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งทำการวัดพฤติกรรม 3 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ ในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และต้องมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้น จะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลว ขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน วิธีการหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การค้นคว้าทดลอง ในขณะที่ทำการทดลอง ผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติและพัฒนาความคิดด้วย เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐานและการทำการทดลองเป็นต้น พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบนี้ เรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2537 : 14)

4.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ศศิเกษม ทองยงค์ และลีลา สิมานูเคราะห์ (2524 : 76) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าทดลองปฏิบัติการ เพื่อค้นหาความจริงและพิสูจน์กฎเกณฑ์บางอย่างซึ่งในขณะที่ทำการค้นคว้าทดลองหรือปฏิบัติการนั้น ผู้ทำการทดลองย่อมใช้ทักษะทั้งในด้านการปฏิบัติ และการนึกคิดควบคู่กันไป

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิสวธีรานนท์ (2525 : 48) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ เพราะการทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้นตอน จะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิต นวนแก้ว (2532 : 5) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ

ภพ เลหาไพบูลย์ (2534 : 14) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐานและการทำการทดลองเป็นต้น

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540 : ค) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนก การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดเป็นความคล่องแคล่ว

4.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Commission of Science Education) ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for The Advancement of Science – AAAS) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 ทักษะ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (วีระชาติ สวนไพรินทร์. 2531 : 7-15 ; ภพ เลหาไพบูลย์. 2534 : 14-29)

1. ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) มี 8 ทักษะ ได้แก่
 - 1.1 ทักษะการสังเกต (Observing)
 - 1.2 ทักษะการวัด (Measuring)
 - 1.3 ทักษะการคำนวณ (Using Number)
 - 1.4 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)
 - 1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปสและสเปซกับเวลา (Space / Space Relationship and Space / Time Relationship)
 - 1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)
 - 1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)
 - 1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)
2. ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) มี 5 ทักษะ ได้แก่
 - 2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)
 - 2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
 - 2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)
 - 2.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting)
 - 2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusions)

1. ทักษะการสังเกต (Observing)

ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ

- ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของสิ่งที่สังเกต
- ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ โดยการกะประมาณ
- ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการปฏิสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่ง

อื่น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุหรือสถานการณ์ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.2 บรรยายถึงสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุ โดยการกะประมาณ

1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. ทักษะการวัด (Measuring)

ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3 บอกวิธีจัดและวิธีใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง

2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ฯลฯ ได้ถูกต้อง

2.5 ระบุนิยามของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. ทักษะการคำนวณ (Using Number)

ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

3.1 การนับ ได้แก่ นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ และตัดสินใจว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

3.2 การคำนวณ ได้แก่ บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้อง และแสดงวิธีการคิดคำนวณได้

3.3 การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่ บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย หาค่าเฉลี่ย และแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

4.1 บ่งชี้และบรรยายคุณสมบัติของสิ่งที่ศึกษาได้เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของวัตถุ

4.2 จำแนกสิ่งที่ศึกษากลุ่มหนึ่งออกเป็นหลายประเภทตามเกณฑ์ในการจำแนกประเภทที่สร้างขึ้นได้

4.3 จำแนกสิ่งที่ศึกษาตามเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

4.4 บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้จำแนกสิ่งที่ศึกษาได้

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลา (Space / Space Relationship and Space / Time Relationship)

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาว่าจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง และการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

5.1 วาดรูป 3 มิติของวัตถุจริงทั่วไปได้

5.2 บอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูป 2 มิติ และระนาบสมมาตรของรูป 3 มิติได้

5.3 บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติและรูป 3 มิติได้

5.4 ระบุความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงา กับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาได้

5.5 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง กล่าวคือ บอกได้ว่า วัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

5.6 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication)

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6.6 บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของภาพจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ สามารถอธิบายหรือสรุปเรื่องหนึ่ง ๆ โดยการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้การสังเกต การวัด การทดลอง โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. ทักษะการพยากรณ์ (Predicting)

ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล (Interpolating) และภายนอกขอบเขตข้อมูล (Extrapolating)

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

- 8.1 ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
- 8.2 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
- 8.3 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

สมมติฐาน เป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ จึงจำเป็นจะต้องมีการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

- 9.1 สร้างสมมติฐานซึ่งเป็นการสรุปรวบยอดจากผลการสังเกตหรือลงความเห็นจากข้อมูลได้
- 9.2 สามารถสร้างหรือแสดงให้เห็นถึงวิธีที่จะทดสอบสมมติฐาน
- 9.3 สามารถปรับปรุงสมมติฐานภายหลังจากการสังเกตเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้นได้

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้

คำนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่จะสังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็นการวัด ทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะชี้บ่งได้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่ง ๆ หรือปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรควบคุม เป็นตัวแปรต้นอื่น ๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมได้

12. ทักษะการทดลอง (Experimenting)

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

12.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม รวมถึงการระบุอุปกรณ์ หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้

12.2 ปฏิบัติการทดลองได้และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

12.3 บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusions)

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ขึ้น คือ

13.1 แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ เช่น การตีความหมายจากกราฟ การตีความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องทักษะการคำนวณ เป็นต้น

13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

สรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ทักษะขั้นพื้นฐาน ได้แก่ ทักษะที่ 1-8 และทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ ได้แก่ ทักษะที่ 9-13 ผู้วิจัยเลือกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ 5 ทักษะ ซึ่งประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ 3 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5. เอกสารที่เกี่ยวกับความคิดเห็น

5.1 ความหมายของความคิดเห็น

ประภาเพ็ญ สุวรรณ (2526 : 1) กล่าวว่า ความคิดเห็นเป็นความเชื่อ ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ เช่น บุคคล สิ่งของ การกระทำสถานการณ์ และอื่น ๆ รวมทั้งทำที่ที่แสดงออกที่บ่งถึงสภาพจิตใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ฮอร์นบี และคนอื่น ๆ (Hornby and others. 1968 : 682) กล่าวว่าไว้ว่า ความคิดเห็น คือ ความเชื่อหรือการลงความเห็นที่ไม่ได้เป็นความรู้สึกอันแท้จริง ความคิดเห็นในบางสิ่งบางอย่างอาจจะเป็นจริงได้

เวบสเตอร์ (Webster. 1973 : 399) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดเห็นเป็นความเชื่อที่ไม่ได้ตั้งอยู่บนความรู้อันแท้จริง แต่ตั้งอยู่ที่ใจ ความคิดและการลงความคิดเห็นของแต่ละบุคคลที่เห็นว่ามันจะเป็นจริงตามที่คิดไว้

จากความหมายของความคิดเห็นที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ความคิดเห็นเป็นการแสดงออกทางด้านความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่จะพิจารณาถึงข้อเท็จจริงต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยการพูด การเขียน

5.2 การเกิดความคิดเห็น

ความคิดเห็นเกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ของบุคคล ออลพอร์ท เสนอความคิดเห็นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งของคนเกิดขึ้นได้ตามเงื่อนไข 4 ประการ คือ (ศักดิ์ สุนทรเสถียร. 2531 : 4)

1. กระบวนการเรียนรู้ที่ได้จากการเพิ่มพูนและบูรณาการของการตอบสนองแนวความคิดต่าง ๆ เช่น ความคิดเห็นจากครอบครัว โรงเรียน ครู การเรียนการสอนอื่น ๆ

2. ประสบการณ์ส่วนตัวขึ้นอยู่กับความแตกต่างของบุคคลซึ่งมีประสบการณ์ที่แตกต่างกันไป นอกจากประสบการณ์ของคณะจะสะสมขึ้นเรื่อย ๆ แล้ว ยังทำให้มีรูปแบบเป็นของตัวเอง ดังนั้น ความคิดเห็นบางอย่างจึงเป็นเรื่องเฉพาะของแต่ละบุคคลแล้วแต่พัฒนาการและความเจริญเติบโตของคน ๆ นั้น

3. การเลียนแบบ การถ่ายทอดความคิดเห็นของคนบางคนได้มาจากการเลียนแบบความคิดเห็นของคนอื่นที่ตนพอใจ เช่น พ่อแม่ ครู พี่น้อง และคนอื่น ๆ

4. อิทธิพลของกลุ่มสังคม คนย่อมมีความคิดเห็นคล้ายคลึงตามกลุ่มสังคมที่ตนอาศัยอยู่ตามสภาพแวดล้อม เช่น ความคิดเห็นต่อศาสนา สถาบันต่าง ๆ เป็นต้น

จากการศึกษาการเกิดความคิดเห็นข้างต้น สรุปได้ว่า ความคิดเห็นของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดเกิดจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ และสภาพแวดล้อมของแต่ละบุคคล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสาร โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 24 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ และส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 14 ข้อ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

สุนทร วัฒนพันธ์ (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลองกับที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2534 โรงเรียนโพธิ์ทอง "จินตมณี" อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง จำนวน 70 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลอง กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กัญญา ภิญญกิจ (2538 : 78-85) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเสนา "เสนาประสิทธิ์" อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 70 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 35 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มณีรัตน์ เกตุไสว (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมทดลองที่นักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้พร้อมทั้งเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองตามคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรอุมา ละมุล (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ ซึ่งแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสอนคือ นักเรียนโรงเรียนโคกกระเทียมวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี จำนวน 30 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาประกอบกับคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ วัดผลการเรียนรู้จากคำถามท้ายการทดลอง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.11 / 80.27

งานวิจัยต่างประเทศ

บีสลีย์ (Beasley, 1979 : 5428 – A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการเคมีโดยใช้วิธีปฏิบัติจริง และวิธีการคิดต่อการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐานเพื่อศึกษา

1. ผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว
2. ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว
3. ผลของการฝึกทักษะด้วยการทดลองและการคิดร่วมกัน

ผู้วิจัยแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะทั้ง 3 แบบ เกณฑ์ในการประเมินมี 2 เกณฑ์คือ ความถูกต้อง แม่นยำ (Accuracy) และความคงที่แน่นอน (Precision) โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาขณะทำการทดลอง เป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะปฏิบัติการทดลองของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 กลุ่มย่อย

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ

ลูเวิร์ส (Louwerse, 1982 : 1915 A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการทำการทดลองด้วยตนเองกับการสังเกตการสาธิตการทดลองของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเกรด 10 – 12 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในรัฐฟลอริดา จำนวน 92 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ทำการทดลองด้วยตนเองกับนักเรียนที่สังเกตการสาธิตการทดลองของครูไม่แตกต่างกัน

อัลรูวาซิด (Al – Ruwashid, 1984 : 1357 – A) ได้ทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว และที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาในวิทยาลัยรียาร์ด ประเทศซาอุดีอาระเบีย ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี 041 ที่วิทยาลัยรียาร์ด จำนวน 128 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายอย่างเดียว 62 คน และกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายกับการทำปฏิบัติการ 66 คน เวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และ

แบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มทำแบบทดสอบและวัดก่อนและหลังการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า

1. การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการ มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการ มีผลทำให้เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าการศึกษากิจการปฏิบัติการณ์ในหลายรูปแบบ เช่น การเปรียบเทียบการสอนแบบปฏิบัติการกับการสอนแบบอื่น ๆ การศึกษาการจัดกลุ่มการเรียนรู้ในการทำปฏิบัติการ ผลจากการวิจัยส่วนใหญ่ พบว่า การสอนวิทยาศาสตร์โดยการทำปฏิบัติการสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

วนา ชลประเวส (2526 : 79-83) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนแบบใช้เกมกับวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 90 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 45 คน คือกลุ่มควบคุม ใช้วิธีสอนแบบใช้เกม และกลุ่มทดลอง ใช้วิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า

1. การสอนด้วยการใช้เกมทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่ากับวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองในทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, .05, .05 และ .01 ตามลำดับ
2. การสอนด้วยปฏิบัติการทดลองได้ผลมากกว่าการสอนโดยใช้เกมในทักษะความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. วิธีการสอนทั้งสองให้ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลองและทักษะการแปลความหมายจากข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อดิศักดิ์ ภาชา (2530 : 83) ได้ศึกษาผลของการจัดกลุ่มนักเรียนทำปฏิบัติการแบบกลุ่มอิสระ กลุ่มคละและกลุ่มเหมือนที่มีผลต่อการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 108 คน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มคละสูงกว่านักเรียนในกลุ่มเหมือนและกลุ่มอิสระอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มเหมือนและกลุ่มอิสระไม่แตกต่างกัน สำหรับคะแนนเฉลี่ยด้านเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน และคะแนนเฉลี่ย

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนคะแนนเฉลี่ยด้านเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ลดลง

อรทัย วิเศษสกุล (2534 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 60 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ทำบทปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ทำบทปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทวีศักดิ์ ไชยมาโย (2537 : บทคัดย่อ) ศึกษาการใช้แผนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านนาหว้า อำเภอโนนหว้า จังหวัดนครพนม ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 63 คนแล้วสุ่มด้วยการจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 32 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 31 คน ผลการวิจัยพบว่า แผนการสอนและชุดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 84.73 / 81.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80 / 80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนที่เรียนโดยใช้แผนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

ไรลีย์ (Riley, 1975 : 5152 - A) ศึกษาผลการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูปีที่ 1-4 จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลอง กลุ่มที่ 1 ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้จากการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉพาะทฤษฎี ส่วนกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุมให้ทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ 3 ส่วนความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

เกเบิล และรับบา (Gabble and Rubba, 1977 : 503-511) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการสอนและประสบการณ์ของการฝึกสอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากร เป็นนักศึกษาแผนกวิชาประถมศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 58 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมจะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม

เปปปิลีส และคนอื่นๆ (Pappellis and others, 1980 : 307-311) ได้ทำการศึกษาผลการสอนเพื่อปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาเตรียมแพทย์ และนักศึกษาเตรียมทันตแพทย์ จำนวน 38 คน โดยให้เรียนเนื้อหาและปฏิบัติการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบ

ว่า นักศึกษาสามารถปรับปรุงทักษะด้านการวัด การหาปริมาณและการลงความเห็น ส่วนด้านการสังเกต การจำแนกประเภท ภาพทดลอง และการพยากรณ์ไม่มีการปรับปรุง

สตรอว์ทซ์ และมาโลน (Strawitz and Malone, 1987 : 53-60) ได้ศึกษาความคงทนของ ความต้องการและความตั้งใจในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมของนักศึกษาหญิง จำนวน 32 คน ในมหาวิทยาลัยลาร์จเชอร์เชอร์ ที่ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม จาก การสอน 2 วิธี คือ การสอนแบบบรรยายโดยไม่แนะนำการปฏิบัติทักษะ กับการสอนแบบให้นักศึกษา เรียนด้วยตนเองโดยมีแบบฝึกปฏิบัติและทดสอบการปฏิบัติทักษะด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่า การเรียน ด้วยตนเองของนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมสูงกว่าการเรียนจากครู โดยตรง ส่วนในด้านความคงทนของความตั้งใจนั้น พบว่า วิธีสอนทั้งสองวิธีให้ผลเหมือนกัน

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าผู้เรียนสามารถฝึกฝนและพัฒนาทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้ โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการ เรียนการสอนอย่างแท้จริง โดยเฉพาะการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการปฏิบัติทดลอง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐมที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 7 ห้องเรียน รวม 280 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ซึ่งสุ่มมาจากประชากร โดยดำเนินการดังนี้

1. โรงเรียนจัดนักเรียนแบบละความสามารถเป็น 7 ห้องเรียน ห้องละ 40 คน ถือว่าเป็นการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยอนุโลม
2. ผู้วิจัยสุ่มนักเรียนมา 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คนจากห้องเรียนของประชากร โดยการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. การพัฒนาทบทวนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ทำการทดลองเพื่อศึกษาหาวิธีการแยกสารที่เหมาะสม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาหาวิธีการแยกสารที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการสร้างทบทวนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย

1. วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง
2. วิธีแยกของแข็งปนของเหลว
3. วิธีแยกของเหลวปนของเหลว
4. วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส
5. วิธีโครมาโทกราฟี

โดยดำเนินการดังนี้

1. วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง ได้แก่วิธีการใช้อานาจแม่เหล็ก การระเหิด และการใช้ตัวทำละลาย มาทำการทดลองดังนี้

1.1 การใช้อำนาจแม่เหล็ก ผู้วิจัยเลือกผงตะไบเหล็กและทรายเป็นสารตัวอย่างในการทดลองนี้ เนื่องจากผงตะไบเหล็กมีสมบัติถูกแม่เหล็กดูดได้ และทรายไม่มีสมบัติถูกแม่เหล็กดูดได้ นอกจากนั้นสารทั้งสองสามารถหาได้ง่ายในห้องกั้น จากนั้นผู้วิจัยนำผงตะไบเหล็กและทรายมาผสมกันในอัตราส่วน 1 : 3 และนำสารผสมดังกล่าวมาแยกโดยใช้แท่งแม่เหล็ก ผลปรากฏว่า แม่เหล็กสามารถดูดผงตะไบเหล็กออกจากทรายได้ แต่ผงตะไบเหล็กจะติดกับแท่งแม่เหล็กทำให้ต้องแยกผงตะไบเหล็กออกจากแท่งแม่เหล็กอีกครั้งซึ่งยุ่งยาก ผู้วิจัยจึงใช้กระป๋องนมเป็นตัวกั้นระหว่างแท่งแม่เหล็กกับสารผสม เพื่อไม่ให้ผงตะไบเหล็กติดกับแท่งแม่เหล็ก การใช้กระป๋องนมเป็นตัวกั้นเนื่องจากภาชนะโลหะเมื่อถูกแม่เหล็กดูดจะทำให้ภาชนะโลหะมีอำนาจแม่เหล็กด้วย

1.2 การระเหิด ผู้วิจัยเลือกการบูรและเกลือแกงเป็นสารตัวอย่างในการทดลองนี้ จากนั้นผู้วิจัยนำการบูรและเกลือแกงมาผสมกันในอัตราส่วน 1 : 2 และนำสารผสมดังกล่าวมาทำการระเหิด โดยใส่สารผสมลงในบีกเกอร์แล้วเผาให้ร้อน ในระหว่างเผานำแผ่นกระจกมาปิดบนปากบีกเกอร์ ผลปรากฏว่าการบูรเกิดการระเหิดได้โดยพบการบูรติดอยู่บนแผ่นกระจกที่ปิดบนบีกเกอร์ และเกลือแกงอยู่ในบีกเกอร์

1.3 การใช้ตัวทำละลาย ผู้วิจัยเลือกใช้เกลือแกงและดินเป็นสารตัวอย่างในการทดลองนี้ จากนั้นผู้วิจัยนำเกลือแกงและดินมาผสมกันในอัตราส่วน 1 : 2 และนำสารผสมดังกล่าวไปละลายในน้ำแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกเกลือแกงออกจากดิน จากนั้นนำของเหลวที่ได้จากการกรองไประเหยจนแห้ง ผลปรากฏว่า เกลือจะละลายน้ำ ส่วนดินไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อนำไปกรองด้วยกระดาษกรองดินจึงติดบนกระดาษกรอง

2. วิธีแยกของแข็งปนของเหลว ได้แก่วิธีการกรอง การระเหยจนแห้ง และการกลั่น มาทำการทดลองดังนี้

2.1 การกรอง ผู้วิจัยเลือกน้ำหวานสีแดงและน้ำป้างเป็นสารที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยนำน้ำหวานสีแดงและน้ำป้างไปกรองด้วยกระดาษกรอง ผลปรากฏว่า น้ำหวานสีแดงเมื่อผ่านการกรองแล้วยังคงมีคุณสมบัติเหมือนเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนน้ำป้างเมื่อผ่านการกรองแล้ว จะได้ของเหลวใส ไม่มีสี

และมีผงแป้งติดอยู่บนกระดาษกรอง การที่ผู้วิจัยใช้น้ำหวานสีแดงและน้ำแป้งในการทดลองนี้เพื่อให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบได้ว่าสารใดใช้วิธีการกรองได้ สารใดใช้วิธีการกรองไม่ได้

2.2 การระเหยจนแห้ง ผู้วิจัยเลือกน้ำเกลือและสารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟต เป็นสารที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยใส่น้ำเกลือลงในถ้วยกระเบื้อง ต้มจนแห้ง ผลปรากฏว่า มีของแข็งสีขาวติดอยู่ในถ้วยกระเบื้อง จากนั้นทำเช่นเดิมแต่เปลี่ยนสารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟตแทน ผลปรากฏว่า มีของแข็งสีฟ้าติดอยู่ในถ้วยกระเบื้อง

2.3 การกลั่น ผู้วิจัยเลือกน้ำคลองและสารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟต เป็นสารที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยใส่น้ำคลองลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่ ใช้จุกยางที่มีท่อน้ำแก๊สและสายยางต่ออยู่ปิดปากหลอดทดลองดังกล่าว นำปลายสายยางอีกข้างหนึ่งใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลางที่แช่ในน้ำเย็น จากนั้นนำหลอดทดลองขนาดใหญ่ไปต้ม ผลปรากฏว่า มีของเหลวใส ไม่มีสีเกิดขึ้นในหลอดทดลองขนาดกลาง และเมื่อนำสารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟตไปกลั่น ผลที่ได้ก็เป็นเช่นเดียวกับน้ำคลอง

3. วิธีแยกของเหลวปนของเหลว ผู้วิจัยเลือกวิธีการใช้กรวยแยก มาทำการทดลองดังนี้

3.1 ผู้วิจัยทำการศึกษาวาสตุนเพื่อนำมาใช้แทนกรวยแยก โดยศึกษาลักษณะและหลักการของกรวยแยกเพื่อนำมาหาวัสดุที่มีลักษณะและหลักการคล้ายกับกรวยแยก จากการศึกษาผู้วิจัยพบว่า ขวดพลาสติกของน้ำดื่มตรามิเนเร่ที่มีจุกดิ่งปิด – เปิด มีลักษณะคล้ายกรวยแยกและสามารถแยกของเหลวผสมได้เช่นเดียวกับกรวยแยก

3.2 ผู้วิจัยเลือกน้ำผสมกับน้ำมันพืชเป็นสารที่ใช้ในการทดลองนี้ เนื่องจากเป็นของเหลวที่ผสมกันแล้วไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และแยกออกเป็นชั้นอย่างชัดเจน

3.3 ผู้วิจัยนำสารผสมในข้อ 3.2 มาทำการทดลองแยกโดยใช้ขวดพลาสติกในข้อ 3.1 ผลปรากฏว่า ขวดพลาสติกดังกล่าวสามารถแยกน้ำออกจากน้ำมันพืชได้เช่นเดียวกับการใช้กรวยแยก

4. วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส ผู้วิจัยเลือกวิธีการใช้ความร้อน มาทำการทดลองดังนี้

4.1 ผู้วิจัยเลือกน้ำโซดาเป็นสารที่ใช้ในการทดลองนี้ เนื่องจากเป็นของเหลวปนแก๊สที่หาได้ง่ายและพบเห็นได้โดยทั่วไป

4.2 ผู้วิจัยนำน้ำโซดามาทำการแยกด้วยการใช้ความร้อน โดยนำน้ำโซดาใส่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่ ปิดด้วยจุกยางที่มีท่อน้ำแก๊สต่อลงไปในน้ำปูนใสแล้วนำน้ำโซดาไปต้มสักครู่ ผลปรากฏว่า มีแก๊สผุดขึ้นในน้ำปูนใส และน้ำปูนใสขุ่น แสดงว่าการใช้ความร้อนสามารถแยกของเหลวปนแก๊สได้อย่างรวดเร็ว

5. วิธีโครมาโทกราฟี ผู้วิจัยเลือกวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษมาใช้ในการทดลอง เพราะเป็นวิธีโครมาโทกราฟีที่ทำการทดลองง่าย และสามารถสังเกตผลการทดลองได้อย่างรวดเร็วและชัดเจน ผู้วิจัยนำสีผสมอาหารและสีเมจิกมาทำการทดลองโดยวิธีโครมาโทกราฟีด้วยกระดาษกรอง ผลปรากฏว่า สีผสมอาหารไม่สามารถแยกได้โดยใช้กระดาษกรอง เนื่องจากกระดาษกรองมีความยาวไม่พอสำหรับการแยก ส่วนสีเมจิกสามารถแยกได้โดยวิธีโครมาโทกราฟีด้วยกระดาษกรอง ผู้วิจัยจึงใช้สีเมจิกเป็นสารที่ใช้ในการทดลองนี้

ตอนที่ 2 พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ผู้วิจัยนำผลการทดลองที่ได้จากตอนที่ 1 มาดำเนินการพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและจุดประสงค์รายวิชาวิทยาศาสตร์จากหนังสือหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) ขอบเขตและรายละเอียดของเนื้อหาวิชา

วิทยาศาสตร์ จากแบบเรียนและคู่มือครูวิทยาศาสตร์ ว 101 รวมทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแยกสาร เพื่อใช้ประกอบในการกำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดและประเมินผลของการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

2. วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง เทคนิคการแยกสาร เพื่อนำมา กำหนดจุดมุ่งหมายและกิจกรรมของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่จะสร้างขึ้น

3. กำหนดจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบท

4. สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 5 บทปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนของเหลว

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส

บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง วิธีโครมาโทกราฟี

ซึ่งในแต่ละบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบ ดังนี้

- ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- ใ้ความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- แนวคิดหรือหลักการ
- จุดประสงค์
- อุปกรณ์และสารเคมี
- วิธีดำเนินการทดลอง
- แบบรายงานผลทดลอง
- คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5) นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษา ปริญาณิพนธ์ นำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญาณิพนธ์ แล้วนำบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งได้แก่ รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ รศ.ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์สุนทรี วัฒนพันธุ์ โรงเรียนโพธิ์ทองจินตามณี จังหวัด อ่างทอง อาจารย์สุนันทา สภาบุชาติ โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา กรุงเทพมหานคร และ อาจารย์ศิริลักษณ์ ศุกระเศรณี โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม เพื่อพิจารณาความเหมาะสมเกี่ยวกับเนื้อหา หลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์ วิธีทดลองของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ ประเมินในแบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผลการประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเห็น ด้วยกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก ซึ่งแสดงผลการพิจารณาโดยสรุปในบทที่ 4 ดัง ตาราง 2 และมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น สรุปได้ดังนี้

1. ในส่วนของเนื้อหาความรู้ ควรปรับให้เหมาะสมกับระดับของนักเรียน
2. เนื้อหาควรมีภาพประกอบ หรือการ์ตูนเพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียนให้มากขึ้น
3. คำถามควรปรับให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหา และส่งเสริมทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

ผู้วิจัยนำการประเมินทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำในทุกบทปฏิบัติการ

6) นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คนซึ่งมีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

7) นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไข ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อนำข้อบกพร่องต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข

8) นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปใช้ทดลองกับนักเรียน โรงเรียนทองวิทยา จังหวัดนครปฐมที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 80/80

2. การสร้างคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน โดยดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) คู่มือครูประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2 จัดทำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละบทประกอบด้วย

- ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- จุดประสงค์การทดลอง
- อุปกรณ์และสารเคมี
- การเตรียมล่วงหน้า
- การอภิปรายก่อนการทดลอง
- ผลการทดลอง
- การอภิปรายหลังการทดลอง
- แนวคำตอบของคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

2.3 นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และองค์ประกอบทั้งหมด เช่นเดียวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

3. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล และการสร้างข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์

3.2 นำผลการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทมาสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่วัดออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

3.2.1 ด้านความรู้ ความจำ

3.2.2 ด้านความเข้าใจ

3.2.3 ด้านการนำไปใช้

3.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญา นิพนธ์และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบโดยพิจารณาจาก ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม (IOC) ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม จำนวน 120 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27 % ของจุง เทห์ ฟาน (Fan. 1952 : 6)

3.5 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป มีจำนวน 30 ข้อเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบสำหรับการวิจัยครั้งนี้

3.6 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ไปหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) โดยใช้สูตร K.R. 20 ได้ค่าความเชื่อมั่น (ทั้งฉบับ) เท่ากับ .83

3.7 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.2 วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การทดลอง นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบ ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 45 ข้อ โดยแบ่ง พฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 7 ทักษะ คือ

- 4.2.1 ทักษะการสังเกต
- 4.2.2 ทักษะการวัด
- 4.2.3 ทักษะการจำแนกประเภท
- 4.2.4 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
- 4.2.5 ทักษะการตั้งสมมติฐาน
- 4.2.6 ทักษะการทดลอง
- 4.2.7 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4.3 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญา นิพนธ์และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบ ทดสอบโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรม (IOC) ที่มีค่าดัชนีความสอด คล้องตั้งแต่ .50 ขึ้นไป แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

4.4 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 120 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของ แบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27 % ของจุง เทห์ ฟาน (Fan. 1952 : 6)

4.5 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก(r) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป มีจำนวน 30 ข้อเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบสำหรับการวิจัยครั้งนี้

4.6 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ไปหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) โดยใช้สูตร K.R. 20 ได้ค่าความเชื่อมั่น (ทั้งฉบับ) เท่ากับ .84

4.7 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5. การสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

5.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็น

5.2 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 อันดับ จำนวน 24 ข้อ โดยดัดแปลงมาจากแบบสอบถามเจตคติต่อการเรียนบทปฏิบัติการของอรอุมา ละมุล (2541 : 304 – 307)

5.3 นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถาม แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

5.4 นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่ปรับปรุงแล้วไปใช้สอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีรูปแบบของการทดลอง (Experimental Design) เป็นชนิดกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest – Posttest Design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 60 – 61)

ตาราง 1 แบบแผนการวิจัย

	กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
	E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ E แทน กลุ่มตัวอย่าง
 T₁ แทน การทดสอบก่อนเรียน
 X แทน การเรียนจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสาร
 T₂ แทน การทดสอบหลังเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม เพื่อขอความร่วมมือในการศึกษาค้นคว้าวิจัย

2. ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียนกลุ่มทดลองทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน

3. ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนและเก็บข้อมูลในการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นข้อมูลในการหาประสิทธิภาพ 80 ตัวแรกของบทปฏิบัติการ

4. เมื่อนักเรียนเรียนครบทุกบทปฏิบัติการ ทำการเก็บข้อมูลหลังการเรียน โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อหาประสิทธิภาพ 80 ตัวหลังของบทปฏิบัติการ และทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการเรียน

5. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เมื่อสิ้นสุดการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์บทสุดท้ายแล้วนำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบท กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังจบบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples

3. วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples

4. วิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 137)

$$\text{จากสูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

1.2 หาค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบ

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

เมื่อ S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน

$$\begin{array}{ll} \sum X & \text{แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด} \\ \sum X^2 & \text{แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง} \\ N & \text{แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด} \end{array}$$

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 117)

$$\begin{array}{ll} \text{จากสูตร} & IOC = \frac{\sum R}{N} \\ \text{เมื่อ} & IOC \text{ แทน ดัชนีความสอดคล้อง} \\ & \sum R \text{ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาทั้งหมด} \\ & N \text{ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ} \end{array}$$

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 129 - 130)

$$\begin{array}{ll} \text{จากสูตร} & p = \frac{R}{N} \\ \text{เมื่อ} & p \text{ แทน ค่าความยากง่าย} \\ & R \text{ แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ} \\ & N \text{ แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด} \\ \text{จากสูตร} & r = \frac{(R_U - R_L)}{N/2} \\ \text{เมื่อ} & r \text{ แทน ค่าอำนาจจำแนก} \\ & R_U \text{ แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง} \\ & R_L \text{ แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน} \\ & N \text{ แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด} \end{array}$$

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร K.R. 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 123)

$$\begin{array}{ll} \text{จากสูตร} & r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \\ \text{เมื่อ} & r_{tt} \text{ แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ} \\ & k \text{ แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ} \\ & p \text{ แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ} = \frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}} \\ & q \text{ แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ} = 1 - p \\ & S_t^2 \text{ แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ} \end{array}$$

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 การทดสอบหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (เสาวณีย์ ศึกษบัณฑิต. 2528 : 294-295)

จากสูตร $\frac{E_1}{E_2}$ โดย

$$E_1 = \frac{\sum X}{A} \times 100 \quad \text{และ} \quad E_2 = \frac{\sum Y}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของการประเมินผลจากการตอบ คำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน คิดเป็นร้อยละ
	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน
	$\sum Y$	แทน	คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน
	A	แทน	คะแนนเต็มของคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน
	N	แทน	จำนวนนักเรียน

3.2 การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 165)

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t - distributions
	D	แทน	ผลต่างของคะแนนทดสอบหลังใช้บทปฏิบัติการ กับคะแนนก่อนใช้บทปฏิบัติการแต่ละคู่
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนทดสอบหลังใช้บทปฏิบัติการ กับคะแนนก่อนใช้บทปฏิบัติการ
	N	แทน	จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

3.3.1 หาค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 138)

จากสูตร
$$\bar{X} = \frac{\sum fX}{\sum f}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็น
 $\sum fX$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวคูณด้วยความถี่
 $\sum f$ แทน ผลรวมของจำนวนคะแนนทั้งหมด

3.3.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 143)

จากสูตร
$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum fx^2 - (\sum fx)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด
 $\sum fX$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวคูณด้วยความถี่

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยนำไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม เพื่อศึกษาในเรื่องต่อไปนี้

1. ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ผู้วิจัยดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้
 - 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 - 1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 80 / 80
2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
3. ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
4. ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

1. ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ผู้วิจัยดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้แบบประเมินมาตรฐานประมาณค่า 5 ช่วง ซึ่งมีน้ำหนักคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 ผู้วิจัยนำระดับความคิดเห็นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วน ผลปรากฏดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

องค์ประกอบที่เสนอ	บทปฏิบัติการที่					ค่าเฉลี่ย	S.D.
	1	2	3	4	5		
						$\bar{X}$	
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ใบความรู้)	4.04	4.04	4.07	4.18	3.91	4.05	0.31
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.09	4.16	4.21	4.14	4.13	4.15	0.29
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง	4.09	4.06	4.03	4.26	4.17	4.12	0.33

จากตาราง 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 5 บทปฏิบัติการ โดยแต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้าทายการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่า 4.05, 4.15 และ 4.12 ตามลำดับ แสดงว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอน

1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นและผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมากไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 ซึ่งผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในแต่ละบทปฏิบัติการปรากฏผลดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการที่	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1. วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง	30	22.90	76.33
2. วิธีแยกของแข็งปนของเหลว	30	24.30	81.00
3. วิธีแยกของเหลวปนของเหลว	10	8.88	87.75
4. วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส	10	9.00	90.00
5. วิธีโครมาโทกราฟี	10	8.00	80.00
รวม	90	73.08	81.19

จากตาราง 3 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง มีค่า 76.33 ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์ 80 ตัวแรก ส่วนบทปฏิบัติการที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยเป็น 81.00, 87.75, 90.00 และ 80.00 ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการทุกบทปฏิบัติการการมีค่า 81.19 แสดงว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 ตัวแรกที่กำหนด

เมื่อนำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการทุกบทปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์ 80/80 ปรากฏผลดังตาราง 4

ตาราง 4 เปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังการเรียน

แบบทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
ระหว่างเรียน (90 คะแนน)	73.08	81.19 (E ₁)
หลังการเรียน (30 คะแนน)	24.10	80.33 (E ₂)

จากตาราง 4 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนต่อค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียน มีค่า 81.19 / 80.33 แสดงว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าข้อ 1

2. ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

เมื่อนำผลคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มาเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตาราง 5

ตาราง 5 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านต่าง ๆ จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน

ด้านที่วัดผลสัมฤทธิ์	คะแนนเต็ม	คะแนนสอบก่อนเรียน		คะแนนสอบหลังเรียน		t	p
		(N = 40)		(N = 40)			
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. ความรู้ความจำ	5	2.73	1.11	4.23	0.89	6.54**	.000
2. ความเข้าใจ	13	5.95	2.29	10.25	1.55	11.14**	.000
3. การนำไปใช้	12	5.28	1.60	9.62	1.53	12.12**	.000
รวม	30	13.95	3.80	24.10	2.96	14.89**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 5 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทุกด้านของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ทั้งในด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้

3. ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่วัด	คะแนน เต็ม	คะแนนสอบก่อนเรียน (N = 40)		คะแนนสอบหลังเรียน (N = 40)		t	p
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ทักษะการสังเกต	2	1.53	0.68	1.88	0.33	3.82**	.000
2. ทักษะการวัด	4	2.55	0.85	2.88	0.76	2.31*	.026
3. ทักษะการจำแนก ประเภท	7	4.20	1.59	5.10	1.22	4.68**	.000
4. ทักษะการจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล	3	1.73	0.68	2.08	0.80	3.01**	.005
5. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	3	1.33	0.89	1.90	0.81	4.31**	.000
6. ทักษะการทดลอง	9	5.30	1.45	6.20	1.20	4.86**	.000
7. ทักษะการตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป	2	0.68	0.62	0.93	0.66	1.82	.077
รวม	30	17.30	3.00	20.95	2.84	10.83**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 , * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 6 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนทักษะการวัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยภาพรวม พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

4. ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จำนวน 24 ข้อ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีจำนวนข้อคำถาม 10 และ 14 ข้อตามลำดับ (ดูภาคผนวก ง) ผู้วิจัยได้คำนวณค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นและกำหนดเป็นเกณฑ์ในการประเมินระดับความคิดเห็น ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 - 2.33 หมายถึง เห็นด้วยในระดับน้อย
 2.34 - 3.66 หมายถึง เห็นด้วยในระดับปานกลาง
 3.67 - 5.00 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมาก

ผลของค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ส่วนที่	ข้อที่ *	ระดับความคิดเห็น / จำนวนนักเรียน (คน)					ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	S.D.
		5	4	3	2	1		
1	1	8	31	1	0	0	4.18	0.45
	2	0	11	17	11	1	2.95	0.81
	3	11	20	8	1	0	4.03	0.77
	4	24	15	1	0	0	4.58	0.55
	5	12	21	6	1	0	4.10	0.74
	6	9	22	6	3	0	3.93	0.83
	7	9	24	7	0	0	4.05	0.64
	8	7	21	6	4	2	3.68	1.05
	9	18	16	5	1	0	4.28	0.78
	10	10	22	7	1	0	4.03	0.73
2	11	6	21	9	4	0	3.73	0.85
	12	12	17	5	5	1	3.85	1.08
	13	13	23	4	0	0	4.23	0.62
	14	14	24	2	0	0	4.30	0.56
	15	11	23	6	0	0	4.13	0.65
	16	13	22	4	1	0	4.18	0.71
	17	11	21	7	1	0	4.05	0.56
	18	15	18	6	1	0	4.18	0.78

ตาราง 7 (ต่อ)

ส่วนที่	ข้อที่ *	ระดับความคิดเห็น / จำนวนนักเรียน (คน)					ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	S.D.
		5	4	3	2	1		
2	19	10	27	3	0	0	4.18	0.55
	20	12	21	7	0	0	4.13	0.69
	21	11	18	9	1	1	3.93	0.92
	22	13	22	4	1	0	4.18	0.71
	23	9	20	7	4	0	3.85	0.89
	24	19	14	6	1	0	4.28	0.81

* ข้อความแต่ละข้อแสดงไว้ในภาคผนวก ง (หน้า 160 – 161)

จากตาราง 7 ค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า ส่วนที่ 1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ได้แก่ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นน่าสนใจมีค่าเฉลี่ย 4.18 ไม่ซ้ำซากน่าเบื่อหน่ายมีค่าเฉลี่ย 3.68 มีความยาก – ง่ายเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนมีค่าเฉลี่ย 4.10 เวลาที่ใช้ในการทดลองเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 4.03 ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกตมีค่าเฉลี่ย 4.58 เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมีค่าเฉลี่ย 3.93 กล้าแสดงความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ย 4.05 ฝึกให้นักเรียนทำงานร่วมกันมีค่าเฉลี่ย 4.28 และได้ใช้ความสามารถของตนเองมีค่าเฉลี่ย 4.03 และมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความกังวลใจในการทดลองมีค่าเฉลี่ย 2.95 และ ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากในทุกข้อคำถาม ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นการให้ประสบการณ์ตรงมีค่าเฉลี่ย 3.73 ก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.30 และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ย 4.13 รวมทั้งได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติและการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ย 4.18 และเหมาะสำหรับใช้ในการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ย 4.18 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาค้นคว้าได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

สมมติฐานในการวิจัย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคงทองวิทยาสังฆมณฑลนครปฐม ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 7 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 280 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 40 คน ที่สุ่มมาจากประชากรดังกล่าว ด้วยวิธีการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการ

แยกสาร

การดำเนินงานวิจัย

1. ดำเนินการติดต่อผู้บริหารโรงเรียนคงทองวิทยา จังหวัดนครปฐม เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัย
2. เก็บข้อมูลโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน
3. ดำเนินการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองจำนวน 40 คน โดยใช้เวลาสอนจำนวน 8 คาบ คาบละ 50 นาที
4. เก็บข้อมูลในการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน
5. เก็บข้อมูลหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำคะแนนที่ได้เป็นคะแนนทดสอบหลังเรียน
6. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร เมื่อสิ้นสุดการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์บทสุดท้ายและนำแบบสอบถามที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
7. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมุติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบท กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยคิดเป็นค่าร้อยละ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples
3. วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test แบบ Correlated Samples or Dependent Samples

4. วิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีประสิทธิภาพ 81.19 / 80.33 จึงสรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ แต่เมื่อพิจารณาคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทปฏิบัติการ พบว่า บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็งมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 76.33 ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ส่วนบทปฏิบัติการที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 81.00, 87.75, 90.00 และ 80.00 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$)

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$) แต่เมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะ พบว่า ทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการทดลองของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = .000$) ส่วนทักษะการวัดของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .026$) และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนหลังเรียนและก่อนเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .077$)

4. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า นักเรียนมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากในทุกข้อคำถาม ยกเว้นในคำถามข้อ 2 ที่ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความวิตกกังวลใจในการทดลอง นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาค้นคว้าวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 81.19 / 80.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยคำนึงถึงความเหมาะสมกับบุคลิกภาวะ และความสามารถของนักเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีอายุประมาณ 12 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่เด็กหญิงชอบการค้นหาคำตอบจากการอ่าน เด็กชายชอบค้นคว้าด้วยการใช้ประสบการณ์ตรง (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2542 : 140) จากพฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง เมื่อนักเรียนได้เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองเพื่อศึกษาค้นคว้าหาข้อเท็จ

จริงด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรอุมา ละมุล (2541: 123) ที่พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก ที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีค่าสูงและส่งผลให้ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80 / 80

ประการที่สอง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นใช้อุปกรณ์การทดลองที่หาง่ายและวิธีการทดลองไม่ยุ่งยากซับซ้อน จึงทำให้นักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ทำให้การทดลองที่ได้มีความถูกต้อง แม่นยำและมีข้อผิดพลาดน้อย นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งองค์ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีใจรักในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้และข้อเท็จจริงต่าง ๆ ก่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น จึงส่งผลให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคล้าก (Klag. 1990 : 1989 – A) ที่ศึกษาผลของการฝึกวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่มีเจตคติและความชำนาญในการทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ พบว่าครูฝึกสอนที่ได้รับการสอนโดยฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์มีความชำนาญในการทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น และมีคุณภาพในการปฏิบัติในห้องเรียนสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทปฏิบัติการ พบว่า บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 76.33 ส่วนบทปฏิบัติการที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย 81.00, 87.75, 90.00 และ 80.00 ตามลำดับ แสดงว่า บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองซึ่งแตกต่างไปจากการเรียนปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จึงทำให้นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการเรียนการสอนในลักษณะนี้ จึงต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับการเรียนในระยะหนึ่ง เป็นผลทำให้ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบระหว่างเรียนในบทปฏิบัติการที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อนักเรียนสามารถปรับตัวให้เข้ากับการเรียนในลักษณะนี้แล้วก็สามารถทำคะแนนของการทดสอบระหว่างเรียนได้สูงขึ้น ส่งผลให้บทปฏิบัติการที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นตามไปด้วย

จากเหตุผลดังกล่าว การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80 / 80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนในทุกด้านที่วัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นได้ปรับปรุงและหาประสิทธิภาพมาแล้ว และจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ ประกอบกับผู้วิจัยได้พัฒนาและปรับปรุงบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ก่อนนำไปใช้ทดลองจริงอีกครั้ง โดยนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนกลุ่มย่อยก่อน เพื่อหาข้อบกพร่องและจุดอ่อนของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ จึงถือได้ว่า บท

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ เมื่อนำมาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน จึงส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทุกขั้นตอน โดยมีบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นแนวทาง ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาหรือคิดค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง โดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน (ศิริกานต์ ผาสุข. 2543 : 249) นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการทำงานตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของจำแลง เชื้อภักดี (2538 : 23) ที่กล่าวว่า กิจกรรมปฏิบัติการทดลองจะเป็นสื่อสำคัญที่ทำให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี สามารถเรียนรู้จนเกิดมโนคติ เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่าให้นักเรียนท่องจำจากตำรา จึงทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ข้อเท็จจริง หลักการและข้อสรุปต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ได้ดี ตลอดจนสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุนทรี วัฒนพันธ์ (2535 : 92 –93) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลองกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของมณีรัตน์ เกตุไสว (2540 : 93) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการทดลองที่นักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองตามที่ออกแบบไว้พร้อมเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากการทดลองแตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการทดลองตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร จึงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหลังจากเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เริ่มจากการกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลและสรุปผลการทดลอง การที่นักเรียนได้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองทั้งหมด ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ทั้งที่เป็นตัวความรู้และทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นผลให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ดังที่คณะกรรมการพัฒนาการเรียนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 116) กล่าวว่า การทดลองนั้นถือว่าเป็นหัวใจของการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะจะเป็นแกนนำไปสู่การฝึกผู้เรียนในแง่ทักษะกระบวนการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรทัย วิเศษสกุล (2534 : บทคัดย่อ) พบว่า นักเรียนที่ทำบทปฏิบัติการเสริมความรู้วิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ทำบทปฏิบัติการเสริมความรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของเกเบิลและรับบา (Gable and Rubba. 1977 : 503 – 511) พบว่า นักศึกษาครูที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมจะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในด้านทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาครูที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติมและสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิโรจน์ เถลยสุข (2541 : 75) พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะ พบว่า ทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการทดลองของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนทักษะการวัดของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านอื่น ๆ มาเป็นพื้นฐานในการศึกษา ประกอบกับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เริ่มเรียนชีววิทยาคือเป็นเอกเทศในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จึงทำให้นักเรียนไม่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างจริงจังมาก่อน โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงซึ่งต้องใช้เวลาในการฝึกฝนนานพอสมควร นักเรียนจึงไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาประมวลแล้วสรุปเป็นความรู้ได้ ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวณา ชลประเวศ (2526 : 79 – 83) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบใช้เกมกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลองและทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากเหตุผลดังกล่าวมา การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

4. ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากในส่วนที่ 1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 9 ข้อคำถาม อันได้แก่ข้อคำถามที่ 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 อาจเป็นผลเนื่องมาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นสิ่งที่นักเรียนไม่เคยเรียนมาก่อนจึงทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียน ประกอบกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความยาก - ง่ายเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนทำให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ ความสามารถที่มีอยู่ได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดเห็นต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนที่ 1 อยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรอุมา ละมุล (2541 : 123) ที่พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในระดับดีมาก ส่วนคำถามข้อ 2 ที่ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความวิตกกังวลใจในการทดลอง นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนบางคนขาดความรู้ ความเข้าใจในการปฏิบัติการทดลองและการใช้เครื่องมือ - อุปกรณ์วิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง จึงทำให้นักเรียนเกิดความวิตกกังวลใจในการทดลองเมื่อมาเรียนโดยให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งต้องมีการปฏิบัติการทดลองและใช้เครื่องมือ - อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง

ในส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากในทุกข้อคำถาม ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติการทดลอง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์ตรง ตลอดจนได้ฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองและการใช้เครื่องมือ -

อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานในการศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งตรงกับแนวคิดของวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541 : 11) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำ จะช่วยให้นักเรียนเกิดความพร้อมและกระตือรือร้นที่จะเรียนอย่างมีชีวิตชีวา

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น นักเรียนมีความสนใจและชอบอยู่ในระดับสูงต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจและทดลองทำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ก่อนทุกครั้ง และเมื่อนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียน ครูผู้สอนควรชี้แจงรายละเอียดและแนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจเสียก่อน

1.2 ในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ดังนั้นครูผู้สอนควรแนะนำอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และวิธีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วยการสาธิตก่อนให้นักเรียนลงมือทำการทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติที่ถูกต้อง

1.3 จากการสังเกตนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น พบว่านักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมทดลองมาก อาจเนื่องมาจากนักเรียนได้มีโอกาสศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติการทดลอง ดังนั้นการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจและเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ดี ครูผู้สอนจึงควรให้คำแนะนำแก่นักเรียนในขณะที่ทำการทดลองและร่วมกับนักเรียนอภิปรายผลหลังการทดลองด้วย เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสรุปความรู้ที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น

1.4 ในบทปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยใช้กระป๋องนมเป็นอุปกรณ์ในการทดลอง ครูผู้สอนจึงควรเตรียมให้นักเรียนหรือให้นักเรียนเตรียมมา และในบทปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยใช้ขวดพลาสติกของน้ำดื่มตรามิเนเร่ที่มีจุกดัดปิด - เปิดแทนกรวยแยก ในบางพื้นที่อาจหาขวดพลาสติกดังกล่าวไม่ได้ อาจจะใช้วัสดุอื่น ๆ แทนได้ เช่น ขวดน้ำกลั่นที่ใช้เติมหม้ออบตเตอร์ หลอดฉีดยา เป็นต้น

1.5 ควรนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้สำหรับการเรียนการสอนเพื่อเสริมความรู้ในเรื่องเทคนิคการแยกสารให้แก่ นักเรียนในชั่วโมงกิจกรรมอิสระ ชุมนุมวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ที่นักเรียนได้รับอาจเป็นแนวทางในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ

2.2 ควรมีการศึกษาถึงผลของการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดอย่างมีเหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการปฏิบัติการทดลอง เป็นต้น

2.3 ควรทำการวิจัยโดยพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีความน่าสนใจ ด้วยการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีตัวการ์ตูนเป็นตัวนำอธิบายและเสริมความรู้ต่าง ๆ ในบทปฏิบัติการ เพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยความสนุกสนานและได้รับความรู้ควบคู่กันไป

2.4 จากการพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ดังนั้นเพื่อประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับการพัฒนาความสามารถของนักเรียน จึงควรมีการสร้างและพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในรายวิชาอื่นๆ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง เช่น วิชาเคมี วิชาฟิสิกส์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กัญญา ภิญญกิจ. (2538). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับการสอนตามคู่มือครู. ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กาญจนา เกียรติประวัติ. (2524). วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- จำแลง เชื้อภักดี. (2538, มกราคม). "การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้เกิดโครงงานวิทยาศาสตร์," วารสารครูวิทยาศาสตร์. 3 (11): 23.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: ทัศนะแบบองค์รวม. กรุงเทพฯ : เซ็นเตอร์ ดิสคัฟเวอรี.
- ทวีศักดิ์ ไชยมาโย. (2537). การทดลองใช้แผนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. นครพนม : ฝ่ายวิจัยและประเมินผลทางการศึกษา หน่วยงานนิเทศก์ สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดนครพนม.
- ธงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ศิลป์ รูปพนม และ ปรีชาญ เดชศรี. (2526). "การวัดผลและประเมินผลการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์," ในเอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8 – 15. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นิคม ทาแดง และ สุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2525). เอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์ 3 เล่ม 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2528). พัฒนาหลักสูตรและการสอน. มหาสารคาม : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- ประดิษฐ์ มีสุข. (2525). อินทรีย์เคมีเบื้องต้น ระดับมหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. สงขลา : มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา.
- ประทุม อัตฐ. (2535). เอกสารประกอบการสอนวิชาการสร้างแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อัดสำเนา.
- ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (2526). ทศนคติ : การจัดการเปลี่ยนแปลงและพฤติกรรมอนามัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พระพิมพ์นา.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). "หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่," ในเอกสารการนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 233. กรุงเทพฯ : ภาควิชาตำราและเอกสารหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. (2539). เทคนิคทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ประกายพรึก.
- เผด็จ สิทธิสุนทร และคนอื่นๆ. (2539). คู่มือปฏิบัติการเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). การสร้างและการพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ : สำนักงาน ทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ไพศาล หวังพานิช. (2523). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและ
จิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ภพ เลหาไฟบูลย์. (2534). *การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. เชียงใหม่ :
เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.
- . (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มณีรัตน์ เกตุไสว. (2540). ผลการจัดกิจกรรมการทดลองทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านเมโนมิติทางวิทยา
ศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.
ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ยุพา ตันติเจริญ. (2529). “คำแถลง,” ใน *เทคนิคบางประการในการปฏิบัติการเคมีระดับมัธยมศึกษาตอน
ปลาย*. กรุงเทพฯ : อรุณสภา.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2531). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ :
อักษรเจริญทัศน์.
- ลัดดา มีสุข. (2539). *เคมีทั่วไป เล่ม 1 ฉบับรวบรัด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.
- วนา ชลประเวส. (2526). *การเปรียบเทียบวิธีสอนแบบใช้เกมกับวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองที่มีผลต่อผล
สัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญาโท
กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่าย
เอกสาร.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และ จิต นวนแก้ว. (2532). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับ
นักเรียน*. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*.
กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ : ต้นอ่อน
1999.
- วารี ว่องพินัยรัตน์. (2530). *การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาทดสอบและวิจัยการ
ศึกษา คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนสุนันทา สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์.
- วาริรัตน์ แก้วอุไร. (2538). *เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักสูตรและการสอนเคมีระดับมัธยมศึกษาตอน
ปลาย*. พิษณุโลก : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วิโรจน์ เฉลยสุข. (2541). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ*.
ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. (2524). *เคมีทั่วไป*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- ศศิเกษม ทองยงค์ และ ลีลา สีมานูเคราะห์. (2524). *วิธีสอนวิทยาศาสตร์ สรุปเนื้อหาตามหลักสูตรใหม่
2522*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

- ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2531). เจตคติ. กรุงเทพฯ : รุ่งวัฒนา.
- ศิริกานต์ ผาสข. (2543). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมจิต สวธนไพบูลย์ และ สมจิต สมัตถพันธ์. (2535). ทิศทางในการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยในช่วงศตวรรษที่ 21 : การศึกษาสำหรับปวงชน . กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สีปพนธ์ เกตุทัต. (2535, กันยายน – ธันวาคม). “ความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมไทยในปัจจุบันและอนาคต,” วิชาการอุดมศึกษา . 1(3) : 53 – 64.
- สุเทพ อุตสาณะ. (2526). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. มหาสารคาม : สหบัณฑิต.
- สุภาพ วาดเขียน. (2523). ทำอย่างไรในสัปดาห์นี้ ครู จึงจะสอนดี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2517). การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2527). การสอนวิทยาศาสตร์กับมัธยมศึกษา. ปัตตานี : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- สุนทร วัฒนพันธ์. (2535). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลองกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เสรี ไตรรัตน์. (2513). ปฏิบัติการเคมีทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : อรุณลาดพร้าว.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- เสาวนีย์ ลิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อรทัย วิเศษสกุล. (2534). ผลของบทปฏิบัติการเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโพธิ์ทองวิทยายน จังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อรอุมา ละมุล. (2541). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อดิศักดิ์ ภาษา. (2530). การศึกษาผลการจัดกลุ่มนักเรียนที่ทำปฏิบัติการแบบกลุ่มอิสระ กลุ่มคละและกลุ่มเหมือน ที่มีผลต่อการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2529. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

- อินทรีา หาญพงษ์พันธ์. (2534). *เคมีทั่วไป(สำหรับนิสิตวิศวกรรมศาสตร์)*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Al – Ruwashid, Mohammed Suliman. (1979, March). " The Effects of a Lecture Only and Lecture- Laboratory Approach on Riyadh Junior College, Saudi Arabia Chemistry Students' Achlevement and Attitudes," *Dissertation Abstracts International*. 39 : 5428-A .
- Roger, Anderson O. (1976). *The Experience of Science : A New Perspective for Laboratory Teaching*. New York : Teacher College Press, Columbia University.
- Beasley, Warren Frederick. (1979, March). " The Effects of Physical and Mental Practice of Psychomotor Skills on Chemistry Students' Laboratory Performance," *Dissertation Abstracts International*. 39 : 5428-A .
- Gable, Dorothy L., and Rubba, Peter A. (1977, October – December) "The Effects of Early Teaching and Training on Physics Achievement, Attitude Towards Science and Science Teaching and Process Skills Proficiency," *Science Education*. 61 : 503-511.
- Hofstein, Avi and Lunetta, Vincent N. (1982). " The Roles of the Laboratory in Science Teaching : Neglected Aspects of Research," *Review of Education Research*. (52) : 201-217.
- Hornbey, A. S. Gartenby, E.V. and Wake, Filed H. (1968). *The Advance Learner's Dictionary of Courrent English*. London : Oxford University Press.
- Klag, William Prentiss. (1990, December). "Effects of Science Materials and Equipment Instruction on Preservice Elemmentary Teachers' Attitudes, Knowledge, and Use of Science Equipment," *Dissertation Abstracts International*. 51(6) : 1989 – A.
- Louwerse, Fances H. (1982, December). " A Comparison of the Effects of Individual Experiments and Teacher Demonstration on Selected Learning Outcomes in Secondary School Science," *Dissertation Abstracts International*. (43) : 1915 A.
- Pappelis, C. K. Pohlman, M. K. and Papettis, A. T. (1980, April). " Can Instruction Improve Science Process Skills of Premedical and Predental Students," in *Journal of Research in Science Teaching*. (13) : 307-311.
- Rilay, J. P. (1975, Fabuary). "The Effects of Science Process Training on Pre - Science Elementary Teacher's Process Skills Abilities Understanding of Science and Teaching," *Dissertation Abstracts International*. (35) : 5152- A.
- Romey, William D. (1968). *Inquiry Teachiques for Teaching Science*. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice – Hall, Inc.
- Strawitz, B.M. and Malone, M.B. (1987, January). " Preservice Teacher's Acquisition and Retention of Integrated Science Process Skills : A Comparison of Teacher Directed and Self Instructional Strategies," *Journal of Research in Science Teaching*. (24) : 53-60.
- Webster. (1973). *Webster's New Twentich Contury Dictionary*. Cleveland and New York : World Pubishing Company.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย
สาขาวิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์
สาขาวิชาการประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์สุนทรี วัฒนพันธ์
โรงเรียนโพธิทอง “จินตามณี” จังหวัดอ่างทอง
4. อาจารย์สุนันทา สภาบุชาติ
โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา กรุงเทพมหานคร
5. อาจารย์ศิริลักษณ์ ศุกระเศรณี
โรงเรียนทองทองวิทยา จังหวัดนครปฐม



บันทึกข้อความ

วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5726, 5644

ทม 1012/ ๒๕๕๔

วันที่ ๕๕ กรกฎาคม 2544

อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

ยน คณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา ศักบุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนัย เมะประสิทธิ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินบทปฏิบัติการและแบบทดสอบการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ทม 1012/ ๒๕๕๕



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๕/ กรกฎาคม 2544

นง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เน ผู้อำนวยการโรงเรียนโพธิ์ทองจินดา

ที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ และประเมินบทปฏิบัติการ

เนื่องด้วย นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา ศักัญญ์ และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นักศึกษาขอเรียนเชิญ อาจารย์สุนทร วัฒนพันธ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินบทปฏิบัติการ และแบบทดสอบการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ ซึ่งจะประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

นางงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

รสาร. 2๕8-4119

ทม 1012/ 3134



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๑ สิงหาคม 2544

วง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

บน ผู้อำนวยการโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา

ที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทปฏิบัติการ และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนามบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา คุ้มบุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ฝาสุก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์สุรนันทา สกานุชาต เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
ใน โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

นางงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ทว 1012/ 3135



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๘/ สิงหาคม 2544

อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

ยน ผู้อำนวยการโรงเรียนคงทองวิทยา

งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทปฏิบัติการ และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา ศักุณห์ และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ วิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ศิริลักษณ์ สุกระเสริฐ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร 258-4119

ที่ ทม 1012/ 3186



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๙๘ สิงหาคม 2544

เรื่อง: ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนคลองทองวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ และบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปราวณา วงศ์บุญหนัก และอาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่ และขอให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 100 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ในระหว่างเดือนสิงหาคม 2544

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ ได้เก็บข้อมูลการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

นางงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

ร.ลาร. 258-4119

ทม 1012/ ๒๕๖๖



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

/๕ กันยายน 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนทองวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ และบทปฏิบัติการฯ

เนื่องด้วย นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” โดยมี อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงษ์บุญหนัก และ อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุข เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่สอน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 1 จำนวน 40 คน และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในระหว่างเดือนกันยายน 2544

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์ ได้เก็บข้อมูล ในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ภาคผนวก ข

- แบบประเมินบทบาทวิชาการวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....สกุล.....
ตำแหน่ง.....สถานที่ทำงาน.....

คำชี้แจงเกี่ยวกับการตอบแบบประเมิน

แบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีทั้งหมด 5 บท คือ

- ◆ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง
- ◆ บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว
- ◆ บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนของเหลว
- ◆ บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส
- ◆ บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง วิธีโครมาโทกราฟี

ในแต่ละบทประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ใบความรู้)

ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง

โปรดประเมิน และให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 บทดังกล่าว โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามความหมายดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

แบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

โปรดประเมินและให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการนี้ โดยกา
เครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามที่ท่านต้องการ

รายการ	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วน					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง					
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหามีความชัดเจน เหมาะสม					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					

แบบประเมินทบทวนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว

โปรดประเมินและให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการนี้ โดยกา
เครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามที่ท่านต้องการ

รายการ	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วน					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง					
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหามีความชัดเจน เหมาะสม					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					

แบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนของเหลว

โปรดประเมินและให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการนี้ โดยกา
เครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามที่ท่านต้องการ

รายการ	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วน					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง					
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหา มีความชัดเจน เหมาะสม					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					

แบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง วิธีของเหลวปนแก๊ส

โปรดประเมินและให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการนี้ โดยกา
เครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามที่ท่านต้องการ

รายการ	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วน					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง					
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหา มีความชัดเจน เหมาะสม					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					

แบบประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง วิธีโครมาโทกราฟี

โปรดประเมินและให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการนี้ โดยกา
เครื่องหมาย / ลงในช่องว่างใต้ตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามที่ท่านต้องการ

รายการ	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหามีความถูกต้อง ครบถ้วน					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง					
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด					
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหา มีความชัดเจน เหมาะสม					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน เข้าใจง่าย					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 มีความชัดเจน					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					

ภาคผนวก ค

- บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
- คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

คำแนะนำในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

การใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีข้อควรปฏิบัติ และทำความเข้าใจ ดังนี้

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้เทคนิคการแยกสาร และมีทักษะปฏิบัติการทดลอง รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ คือ 8 คาบเรียน คาบละ 50 นาที
3. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้เหมาะสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
4. ผู้สอนที่จะใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ ควรเป็นครู - อาจารย์ที่ทำการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์
5. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ควรใช้ควบคู่กับคู่มือครู และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
6. ควรดำเนินการสอนโดยเรียงลำดับจากบทปฏิบัติการที่ 1 ไปจนถึงบทปฏิบัติการที่ 5
7. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในบทปฏิบัติการนี้ สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นได้ แต่ครูผู้สอนควรทำการทดลองใช้วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีเหล่านั้นก่อนเพื่อความถูกต้องของผลการทดลอง

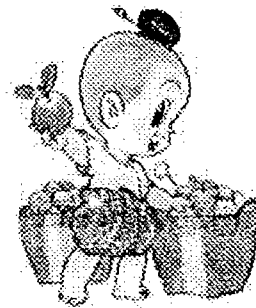
ใบความรู้ ประกอบบทปฏิบัติการที่ 1
เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

สาระสำคัญ

สารเนื้อผสมประกอบด้วยสารมากกว่าหนึ่งอย่างที่มีเนื้อสารไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ละสารมีสมบัติแตกต่างกัน ถ้าต้องการทราบสมบัติของสารเหล่านั้น อาจทำได้โดยการแยกของผสมออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งการแยกสารเนื้อผสมอาจทำได้โดยวิธีทางกายภาพ การเลือกวิธีที่เหมาะสมเพื่อแยกสารเนื้อผสมจะต้องพิจารณาสมบัติของสารที่เป็นส่วนประกอบ ดังนี้

วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง มีดังนี้

1. วิธีหีบหรือเขี่ยออก เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด และเหมาะสำหรับการแยกสารเนื้อผสมที่ส่วนประกอบมีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน เช่น มีขนาดต่างกันมาก มีสีต่างกันมาก เมื่อต้องการแยกส่วนประกอบของสารออกจากกัน จึงทำได้โดยการเขี่ยหรือหีบส่วนผสมที่ต้องการออก เช่น การแยกข้าวเปลือกหรือการแยกกลบออกจากข้าวสาร การแยกเมล็ดพริกออกจากเกลือ เป็นต้น



2. การใช้แม่เหล็กดูดหรือใช้อำนาจแม่เหล็ก วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของแข็ง โดยสารหนึ่งมีสมบัติแม่เหล็กดูดได้หรือที่เรียกว่า สารแม่เหล็ก (สารแม่เหล็ก หมายถึง สารที่แม่เหล็กสามารถดูดได้ เช่น เหล็ก สังกะสี เป็นต้น) เช่น สารผสมระหว่างผงตะไบเหล็กกับผงกำมะถัน หรือผงตะไบเหล็กกับทราย เมื่อใช้แม่เหล็กดูดผงตะไบเหล็กออกจากสารผสมจะแยกองค์ประกอบออกจากสารผสม

3. การใช้ตัวทำละลาย วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของแข็ง ซึ่งองค์ประกอบในสารนี้มีความสามารถในการละลายต่างกัน โดยนำไปละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม (ตัวทำละลาย คือ สารที่ทำให้ตัวถูกละลายเกิดการละลาย เช่น น้ำ เอทิลแอลกอฮอล์ เป็นต้น) แล้วกรองเอาสารที่ไม่ละลายออก ส่วนสารละลายที่ได้นำไประเหยไล่ตัวทำละลาย เช่น ดินที่มีเกลือปนอยู่ เราสามารถสกัดเกลือออกจากดินได้ โดยนำดินที่มีเกลือไปละลายน้ำ เกลือจะละลายน้ำได้แต่ดินไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำของเหลวที่ได้ไปผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง ดินจะติดอยู่บนกระดาษกรอง ส่วนของเหลวที่ได้จากการกรอง เมื่อนำไประเหยจนแห้งจะได้เกลืออยู่ที่ก้นภาชนะ

4. การระเหิด วิธีนี้ใช้ในการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของแข็ง โดยที่สารหนึ่งมีสมบัติระเหิดได้ที่อุณหภูมิต่ำ

การระเหิด เป็นปรากฏการณ์ที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นแก๊ส โดยไม่เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวก่อน

เมื่อนำสารเนื้อผสมมาให้ความร้อน ของแข็งที่มีสมบัติระเหิดได้จะกลายเป็นไอแยกออกจากสารเนื้อผสม ถ้าผ่านไอนี้สู่ภาชนะที่เย็นกว่าจะกลับเป็นของแข็งเหมือนเดิม เช่น ผงทรายกับลูกเหม็น (แนฟทาลิน) เกลือกับการบูร โดยทั้งลูกเหม็นและการบูรจะสามารถระเหิดได้

นอกจากวิธีดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีวิธีแยกสารที่เป็นของแข็งปนของแข็งอีกหลายวิธี แต่ขั้นตอนในการแยกสารค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน เช่น การหลอมเหลว การอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น การอาศัยความตึงผิว และการตกผลึกลำดับส่วน เป็นต้น

บทปฏิบัติการที่ 1

เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

หลักการ

การใช้อำนาจแม่เหล็ก เป็นการแยกองค์ประกอบของสาร โดยที่องค์ประกอบหนึ่งของสารนั้นมีสมบัติในการถูกแม่เหล็กดูดได้ หรือที่เรียกว่า สารแม่เหล็ก

การแยกสารด้วยการระเหิด เป็นการแยกองค์ประกอบของสาร โดยอาศัยการเปลี่ยนสถานะของสารจากของแข็งไปเป็นแก๊สโดยไม่ต้องเปลี่ยนสสาร เป็นของเหลวก่อน

การแยกสารด้วยการใช้ตัวทำละลาย เป็นการแยกองค์ประกอบของสาร โดยอาศัยความสามารถในการละลายของสารที่แตกต่างกัน เช่น น้ำตาลสามารถละลายในน้ำได้ แต่แป้งไม่สามารถละลายในน้ำได้ เป็นต้น

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของคำว่า การใช้อำนาจแม่เหล็ก การระเหิด และการใช้ตัวทำละลายได้
2. นักเรียนสามารถทดลองและอธิบายหลักการแยกองค์ประกอบของสาร โดยวิธีการใช้อำนาจแม่เหล็ก การระเหิด และการใช้ตัวทำละลายได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที

ตอนที่ 1 การใช้อำนาจแม่เหล็ก

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|----------------------|--------|
| 1. สารหมายเลข 1 | |
| 2. แม่เหล็ก | 1 แท่ง |
| 3. กระดาษขาว | 1 แผ่น |
| 4. ช้อนตักสารเบอร์ 2 | 2 อัน |
| 5. กระป๋องนมขึ้น | 1 ใบ |

วิธีการทดลอง

1. ตักสารหมายเลข 1 จำนวน 5 ช้อนเบอร์ 2 ลงในกระดาษขาว
2. สังเกตลักษณะของเนื้อสารหมายเลข 1 บันทึกผล
3. เทสารหมายเลข 1 จากกระดาษขาวลงในกระป๋องนม แล้วนำแท่งแม่เหล็กไปวางที่ก้นกระป๋องด้านนอก
4. เขย่ากระป๋องนมไปมาและคว่ำกระป๋องนมลงบนกระดาษขาว จากนั้นหงายกระป๋องนมกลับสู่สภาพเดิม พร้อมทั้งนำแท่งแม่เหล็กออกจากก้นกระป๋องนม สังเกตและบันทึกผล

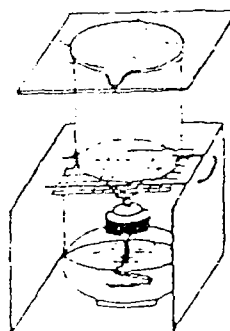
ตอนที่ 2 การระเหิด

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|------------------------------------|---------|
| 1. สารหมายเลข 2 | |
| 2. ซ้อนตักสารเบอร์ 2 | 2 อัน |
| 3. บีกเกอร์ขนาด 50 cm ³ | 1 ใบ |
| 4. แผ่นกระจก | 1 แผ่น |
| 5. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ | 1 ชุด |
| 6. ไม้จิ้มไฟ | 1 กล้อง |

วิธีการทดลอง

1. ตักสารหมายเลข 2 จำนวน 3 ซ้อนเบอร์ 2 ใส่ลงในบีกเกอร์ สังเกตลักษณะของเนื้อสารหมายเลข 2 บันทึกผล
2. นำแผ่นกระจกไปวางบนบีกเกอร์ และนำบีกเกอร์ที่ปิดด้วยแผ่นกระจกไปวางบนตะแกรงลวดของที่ก้นลม ดังรูป
3. เผาบีกเกอร์นานประมาณ 2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น



รูปแสดงการระเหิด

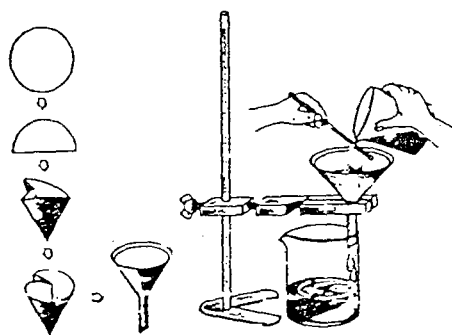
ตอนที่ 3 การใช้ตัวทำละลาย

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. สารหมายเลข 3 | |
| 2. น้ำกลั่น | 10 cm ³ |
| 3. ช้อนตักสารเบอร์ 2 | 2 อัน |
| 4. ปีกเกอร์ขนาด 100 cm ³ | 2 ใบ |
| 5. กระดาษกรอง | 1 แผ่น |
| 6. กรวยกรอง | 1 อัน |
| 7. หลอดฉีดยาขนาด 12 cm ³ | 1 อัน |
| 8. แท่งแก้วสำหรับคน | 1 อัน |
| 9. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง | 1 ชุด |
| 10. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ | 1 ชุด |
| 11. ไม้ขีดไฟ | 1 กล่อง |

วิธีการทดลอง

1. ตักสารหมายเลข 3 จำนวน 3 ช้อนเบอร์ 2 ใส่ลงในปีกเกอร์ สังเกตลักษณะของเนื้อสารหมายเลข 3 บันทึกผล
2. เติมน้ำกลั่น 10 cm³ ลงในปีกเกอร์ในข้อ 1 และใช้แท่งแก้วคนสารประมาณ 1 นาที สังเกตและบันทึกผล
3. นำสารที่ได้ในข้อ 2 ไปกรองด้วยกระดาษกรองดั่งรูป สังเกตสิ่งที่ติดอยู่บนกระดาษกรอง
4. นำของเหลวที่ได้จากการกรองไปต้มจนแห้งโดยใช้แท่งแก้วคนของเหลวขณะต้ม สังเกตและบันทึกผล



รูปแสดงการห้บกระดาษกรองและวิธีการกรอง

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.ชั้น.....เลขที่.....

2.ชั้น.....เลขที่.....

3.ชั้น.....เลขที่.....

4.ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....

.....

2.....

.....

สมมติฐานตอนที่ 1

.....

.....

.....

ผลการทดลองตอนที่ 1

การทดลอง	ผลการสังเกต
1. สังเกตลักษณะเนื้อสาร	
2. เมื่อวางแท่งแม่เหล็กที่กั้นกระป๋องนม	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1

1. สารหมายเลข 1 มีลักษณะเนื้อสารเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. สารหมายเลข 1 มีส่วนประกอบที่มีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. สารหมายเลข 1 มีส่วนประกอบกี่ชนิด อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

4. ถ้ามีเข็มหมุดตัวเล็ก ๆ ปักอยู่ในข้าวสาร นักเรียนจะใช้วิธีการที่ทดลองมานี้แยกเข็มหมุดออกมาได้หรือไม่
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

5. วิธีการแยกสารเนื้อผสมออกจากกัน โดยมีสารหนึ่งถูกแม่เหล็กดูดได้นั้น เราเรียกวิธีการเช่นนี้ว่าอะไร

.....

.....

.....

.....

สมมติฐานตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลองตอนที่ 2

สิ่งที่สังเกต	ผลการสังเกต
1. ลักษณะเนื้อสาร	
2. สิ่งที่เกิดขึ้นในปิกเกอร์	
3. สิ่งที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระจก	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 2

1. สารหมายเลข 2 มีลักษณะเนื้อสารเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. หลังเผา มีการเปลี่ยนแปลงอะไรเกิดขึ้นที่บีกเกอร์และแผ่นกระจก

.....

.....

.....

.....

3. สารที่ติดอยู่บนแผ่นกระจกคืออะไร นักเรียนทราบได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. สารที่เหลืออยู่ในบีกเกอร์มีลักษณะอย่างไร นักเรียนคิดว่า สารที่เหลืออยู่นี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

5. การระเหิด คืออะไร

.....

.....

.....

.....

สมมติฐานตอนที่ 3

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลองตอนที่ 3

สิ่งที่สังเกต	ผลการสังเกต
1. ลักษณะเนื้อสาร	
2. สารหมายเลข 3 ผสมในน้ำ	
3. สิ่งที่ติดอยู่บนกระดาษกรอง	
4. สิ่งที่เหลืออยู่ในปีกเกอร์	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 3

1. สารหมายเลข 3 มีลักษณะเนื้อสารเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. สารหมายเลข 3 มีส่วนประกอบที่มีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. ตัวทำละลาย หมายถึงอะไร ในการทดลองนี้ใช้สารใดเป็นตัวทำละลาย

.....

.....

.....

.....

4. การแยกสารที่ไม่ละลายในน้ำออกจากสารที่ละลายในน้ำ ทำได้โดยวิธีการใด

.....

.....

.....

.....

5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 2
เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว

สาระสำคัญ

วิธีแยกของแข็งปนของเหลว มีดังนี้

1. การกรอง เป็นการแยกของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวออกจากของเหลวได้ วิธีนี้ต้องให้ของเหลวไหลผ่านวัสดุที่ใช้กรอง เช่น กระดาษกรอง ผ้ากรอง ฯลฯ โดยกรองเอาอนุภาคของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวออกซึ่งอนุภาคของสารนั้นจะต้องมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของวัสดุที่ใช้กรองจึงติดอยู่กับวัสดุที่ใช้กรอง ส่วนน้ำ ของเหลวและอนุภาคของสารที่มีขนาดเล็กกว่ารูพรุนของวัสดุที่ใช้กรองจะไหลผ่านไปได้ เช่น การกรองตะกอนออกจากน้ำ การกรองเศษผงออกจากน้ำเชื่อม การกรองน้ำกะทิออกจากกาก เป็นต้น

2. การตกตะกอน เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่เกิดจากของแข็งผสมกับของเหลว โดยไม่เกิดการละลายจะทำให้ของเหลวขุ่น จึงต้องแยกของแข็งออกจากของเหลวโดยตั้งทิ้งไว้หนึ่ง ๆ เพื่อให้ของแข็งตกตะกอนนอนกัน แล้วรินเอาของเหลวออก และถ้าต้องการให้สารตกตะกอนได้เร็วจะใช้สารส้มแกว่งในสารเพื่อทำให้ตะกอนจับตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น แล้วตกลงสู่ก้นภาชนะได้เร็วขึ้น ดังนั้น ในภาชนะส่วนบนจะเป็นของเหลวใส ส่วนล่างจะเป็นตะกอนนอนกัน

3. การใช้เครื่องเหวี่ยง (Centrifugal apparatus) เครื่องเหวี่ยงเป็นเครื่องมือที่ใช้แยกตะกอนออกจากสารละลาย โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนอย่างรวดเร็ว การหมุนเหวี่ยงแรง ๆ จะทำให้ตะกอนนอนกันหมด จากนั้นจึงรินเอาน้ำใส ๆ ออก เครื่องเหวี่ยงที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่หมุนด้วยไฟฟ้าและแบบที่หมุนด้วยมือ

4. การระเหยจนแห้ง วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกองค์ประกอบของสารที่เกิดจากของแข็งผสมกับของเหลว โดยของแข็งอาจละลายหรือไม่ละลายในของเหลวก็ได้ เมื่อให้ความร้อนแก่สารประเภทนี้ องค์ประกอบที่เป็นของเหลวจะระเหยเป็นไอจนหมด คงเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง เช่น การทำนาเกลือ โดยนำทะเลที่มีเกลือละลายอยู่เมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะระเหยกลายเป็นไอจนหมด และเหลือไว้เฉพาะเกลือซึ่งเป็นของแข็ง

5. การกลั่น วิธีนี้เป็นการแยกตัวทำละลายที่ระเหยได้ออกจากตัวถูกละลายที่ไม่ระเหย เมื่อตัวทำละลายกลายเป็นไอหมด ก็จะได้ตัวถูกละลายเป็นของแข็งเหลืออยู่ในภาชนะที่ใช้กลั่น แล้วทำให้ไอของตัวทำละลายเป็นของเหลวตามเดิมได้ โดยการควบแน่น ซึ่งองค์ประกอบในสารที่ผสมกันจะต้องมีจุดเดือดต่างกัน เช่น การแยกน้ำกับเกลือในน้ำเกลือออกจากกัน การกลั่นน้ำให้บริสุทธิ์ เป็นต้น



การกลั่น เป็นกระบวนการเปลี่ยนสถานะของของเหลวให้กลายเป็นไอโดยใช้ความร้อน แล้วทำให้ไอควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีก

บทปฏิบัติการที่ 2

เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว

หลักการ

การกรอง เป็นวิธีการที่ใช้แยกของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวออกจากของเหลว โดยให้ของเหลวไหลผ่านวัสดุที่ใช้กรองเพื่อกรองเอาอนุภาคของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวออก ซึ่งอนุภาคของแข็งจะต้องมีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของวัสดุที่ใช้กรองจึงจะติดอยู่กับวัสดุที่ใช้กรองนั้น ส่วนอนุภาคที่เล็กกว่ารูพรุนของวัสดุที่ใช้กรองจะไหลผ่านไป

การแยกสารด้วยการระเหยจนแห้ง เป็นการแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งละลายในของเหลว โดยอาศัยความร้อนไปทำให้ตัวทำละลายเปลี่ยนสถานะเป็นไอและระเหยจนหมด คงเหลือไว้แต่ตัวถูกละลายที่เป็นของแข็งเท่านั้น

การกลั่น เป็นกระบวนการแยกสารละลายหรือของผสมที่เป็นของเหลว โดยทำให้ของเหลวนั้นเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอแล้วทำให้ไอควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของคำว่า การกรอง การระเหยจนแห้ง การกลั่นได้
2. นักเรียนสามารถทดลองและอธิบายหลักการแยกสารโดยวิธีการกรอง การระเหยจนแห้งและการกลั่น เพื่อใช้ในการแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งปนของเหลวได้

เวลาที่ใช้ 150 นาที

ตอนที่ 1 การกรอง

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. น้ำหวานสีแดง | 20 cm ³ |
| 2. น้ำปิ้ง | 20 cm ³ |
| 3. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³ | 2 ใบ |
| 4. กระดาษกรอง | 2 แผ่น |
| 5. กรวยกรอง | 1 อัน |
| 6. หลอดจีดขนาด 35 cm ³ | 1 อัน |
| 7. แท่งแก้วสำหรับคน | 1 อัน |
| 8. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง | 1 ชุด |



รูปแสดงการพับกระดาษกรองและวิธีการกรอง

วิธีการทดลอง

1. สังเกตลักษณะของน้ำหวานสีแดงก่อนนำไปกรอง บันทึกผล
2. พับกระดาษกรอง ดังรูป และนำกระดาษกรองไปใส่ลงในกรวยกรอง
3. รินน้ำหวานสีแดง 20 cm³ ลงในกระดาษกรอง สังเกตและบันทึกผล
4. ทำซ้ำข้อ 1 – 3 แต่เปลี่ยนเป็นน้ำปิ้งแทน

ตอนที่ 2 การระเหยจนแห้ง

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| 1. น้ำเกลือ | 1 cm ³ |
| 2. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต | 1 cm ³ |
| 3. ถ้วยกระเบื้อง | 1 ใบ |
| 4. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ | 1 ชุด |
| 5. ไม้ขีดไฟ | 1 กล่อง |

วิธีการทดลอง

- สังเกตลักษณะของน้ำเกลือ บันทึกผล
- ใส่น้ำเกลือลงในถ้วยกระเบื้อง 1 cm³ ต้มจนแห้ง สังเกตและบันทึกผล
- ทำซ้ำข้อ 1 – 2 แต่เปลี่ยนเป็นสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตแทน

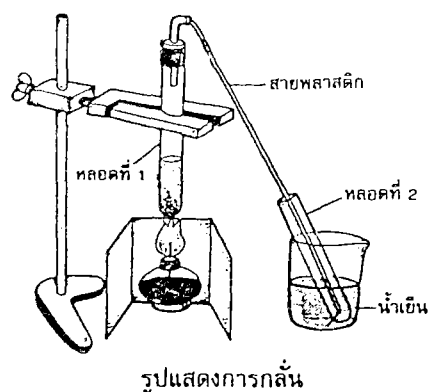
ตอนที่ 3 การกลั่น

อุปกรณ์และสารเคมี

1. น้ำกลอง	10 cm ³
2. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต	10 cm ³
3. น้ำเย็น	50 cm ³
4. หลอดทดลองขนาดใหญ่	2 หลอด
5. หลอดทดลองขนาดกลาง	2 หลอด
6. หลอดนำแก๊ส	1 อัน
7. จุกยาง	1 อัน
8. สายพลาสติก	1 เส้น
9. เศษกระเบื้อง	2 ชิ้น
10. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	1 ใบ
11. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง	1 ชุด
12. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์	1 ชุด
13. ไมซ์ไฟ	1 กล้อง

วิธีการทดลอง

- สังเกตลักษณะของน้ำกลอง บันทึกผล
- ใส่น้ำกลอง 10 cm³ ลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่และใส่เศษกระเบื้องชิ้นเล็กๆ ลงไป 2 ชิ้น
- ต่อสายพลาสติกเข้ากับหลอดนำแก๊สซึ่งเสียบอยู่กับจุกยาง
- ปิดปากหลอดทดลองขนาดใหญ่ด้วยจุกยางในข้อ 3 โดยให้ปลายสายพลาสติกด้านหนึ่งอยู่ในหลอดทดลองขนาดกลางที่แช่ในน้ำเย็น ดังรูป
- ต้มน้ำกลองในหลอดทดลองจนเดือดประมาณ 10 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงในหลอดทดลองทั้งสอง
- ให้ดึงสายพลาสติกออกจากหลอดทดลองที่แช่ในน้ำเย็นก่อนนำเอาตะเกียงออก
- ทำซ้ำข้อ 1 – 6 แต่เปลี่ยนเป็นสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตแทน



รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.ชั้น.....เลขที่.....

2.ชั้น.....เลขที่.....

3.ชั้น.....เลขที่.....

4.ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....

.....

2.....

.....

สมมติฐานตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลองตอนที่ 1

สารที่ใช้	ลักษณะของเหลวก่อนการกรอง	ลักษณะของเหลวหลังการกรอง
น้ำหวาน		
น้ำแป้ง		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1

1. ของเหลวที่ผ่านการกรองกับของเหลวที่ไม่ได้ผ่านการกรองมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ของเหลวชนิดใดเมื่อผ่านการกรองแล้วยังมีคุณสมบัติเหมือนเดิม เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

3. ในการกรอง ของเหลวชนิดใดที่มีสารตกค้างบนกระดาษกรอง และชนิดใดไม่มีสารตกค้างบนกระดาษกรอง

.....

.....

.....

4. ถ้านักเรียนกรองของเหลวด้วยผ้ากรอง ผลการทดลองจะต่างจากการกรองด้วยกระดาษกรองอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง

.....

.....

.....

สมมติฐานตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลองตอนที่ 2

สารที่ใช้ทดลอง	ผลการสังเกต	
	ก่อนการต้ม	หลังการต้ม
น้ำเกลือ		
สารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟต (จุนสี)		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 2

1. ก่อนต้ม น้ำเกลือและสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต มีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ในขณะที่ต้มของเหลวในถ้วยกระเบื้อง มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

3. หลังจากต้มของเหลวทั้งสองชนิดจนแห้งแล้ว มีสิ่งใดเกิดขึ้นในถ้วยกระเบื้อง

.....

.....

.....

.....

4. การระเหยจนแห้ง คืออะไร

.....

.....

.....

.....

5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

สมมติฐานตอนที่ 3

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลองตอนที่ 3

สารที่ใช้ทดลอง	ผลการสังเกต	
	ลักษณะของเหลวก่อนการกลั่น	ลักษณะของเหลวที่ได้จากการกลั่น
น้ำคลอง		
สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (จุนสี)		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลองตอนที่ 3

1. จากการทดลอง ของเหลวที่พบในหลอดทดลองขนาดกลางมีลักษณะอย่างไร และนักเรียนคิดว่าของเหลวนี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

2. ของเหลวที่อยู่ในหลอดทดลองขนาดกลางเกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. ถ้านักเรียนนำน้ำมะนาวมาทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3 นี้ นักเรียนคิดว่า ผลการทดลองที่ได้จะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. การกลั่น คืออะไร

.....

.....

.....

.....

5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 3
เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนของเหลว

สาระสำคัญ

วิธีแยกของเหลวปนของเหลว มีดังนี้

1. การใช้กรวยแยก (Separating funnel) เป็นวิธีการแยกของเหลวปนของเหลวที่ผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และแยกออกจากกันเป็นชั้นอย่างชัดเจน เช่น น้ำปนกับน้ำมัน น้ำมันเบากว่าน้ำจะลอยอยู่ข้างบน เมื่อเปิดก๊อกของกรวยแยกออก น้ำซึ่งอยู่ตอนล่างจะไหลออกมาก่อน พอระดับน้ำลดลงมาถึงที่ปิดเปิดก๊อกก็ให้ปิดก๊อกทันที ที่เหลือในกรวยแยก คือ น้ำมัน

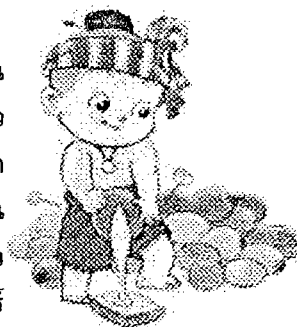
2. การกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation) เป็นวิธีการแยกของเหลวปนของเหลวที่ผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน แต่มีจุดเดือดต่างกันมาก

การกลั่นลำดับส่วน เป็นการกลั่นเพื่อแยกของเหลวเนื้อเดียวกันออกจากกัน โดยทำการกลั่นซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ในทางปฏิบัติจะนำของเหลวไปกลั่นภายในหอกลั่นซึ่งทำเหมือนการกลั่นซ้ำหลาย ๆ ครั้ง การกลั่นลำดับส่วนจะช่วยให้ได้สารที่มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น แต่บางครั้งอาจใช้วิธีนี้แยกสารที่มีสารหลายชนิดผสมกันอยู่ออกเป็นส่วน ๆ ได้ เช่น การกลั่นน้ำมันดิบ การกลั่นสารละลายระหว่างน้ำกับเอทิลแอลกอฮอล์

สารที่จะแยกด้วยการกลั่นลำดับส่วน ต้องมีสมบัติดังนี้

- 1) จุดเดือดของของเหลวนั้นต้องต่างกันอย่างน้อย 20 องศาเซลเซียส
- 2) ของเหลวที่มีจุดเดือดสูงกว่า ต้องระเหยยาก

3. การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นวิธีการแยกของเหลวที่ไม่ปนเป็นเนื้อเดียวกัน แต่เป็นอิมัลชัน (Emulsion) คือเป็นของผสมของของเหลวหยดเล็ก ๆ ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง อาจแยกโดยใช้ของเหลวซึ่งสามารถละลายของเหลวชนิดหนึ่งในของผสมนั้น แล้วจึงแยกด้วยกรวยแยก เช่น น้ำมันโอลีฟกับน้ำ เติมน้ำส้มสายชูลงไป น้ำส้มสายชูจะละลายน้ำมันโอลีฟออก แล้วแยกตัวออกเป็นชั้นกับน้ำ แยกออกจากกันโดยใช้กรวยแยกนำของผสมของน้ำส้มสายชูและน้ำมันโอลีฟไปทำให้ร้อน น้ำส้มสายชูจะระเหยไปเหลือแต่น้ำมันโอลีฟ



บทปฏิบัติการที่ 3

เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนของเหลวด้วยการใช้กรวยแยก

หลักการ

การแยกของเหลวด้วยกรวยแยก เป็นการแยกของเหลวออกจากของเหลว โดยของเหลวที่ผสมกันนั้นต้องไม่เป็นเนื้อเดียวกันและแยกออกจากกันเป็นชั้น กรวยแยกจะแยกของเหลวที่อยู่ส่วนล่างออกจากของเหลวที่อยู่ส่วนบนของกรวยแยก โดยมีก๊อกปิด - เปิดเป็นตัวควบคุม

จุดประสงค์

- นักเรียนสามารถทดลองและสรุปหลักการแยกองค์ประกอบของสารผสมด้วยการใช้กรวยแยกได้

เวลาที่ใช้ 50 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

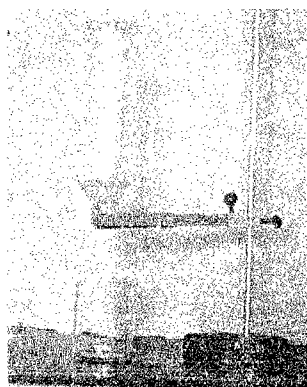
- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. น้ำผสมน้ำมันพืช | 60 cm ³ |
| 2. ขวดพลาสติกน้ำดื่ม ตรา มิเนแร | 1 ขวด |
| 3. ปีกเกอร์ขนาด 100 cm ³ | 1 ใบ |
| 4. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง | 1 ชุด |

วิธีการทดลอง

- สังเกตลักษณะของของเหลวผสม บันทึกผล
- ใส่ของเหลวผสม 60 cm³ ลงในกรวยแยกที่สร้างขึ้น
- นำกรวยแยกไปยึดไว้กับขาตั้ง และนำปีกเกอร์มารองรับของเหลวทางด้านล่างของกรวยแยก

ดังรูป

- ดึงจุกทางด้านล่างของกรวยแยกเพื่อเปิดให้ของเหลวชั้นล่างของกรวยแยกไหลออกมาจนหมด แล้วจึงดันจุกกลับเข้าไปเพื่อปิด สังเกตและบันทึกผล



รูปแสดงการใช้กรวยแยก

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนของเหลวด้วยการใช้กรวยแยก

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.ชั้น.....เลขที่.....

2.ชั้น.....เลขที่.....

3.ชั้น.....เลขที่.....

4.ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....

2.....

สมมติฐาน

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

สารที่ใช้	ผลการสังเกต	
	ลักษณะของเหลวก่อนผ่านกรวยแยก	ลักษณะของเหลวหลังผ่านกรวยแยก
น้ำผสมน้ำมัน		

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ของเหลวก่อนผ่านกรวยแยก มีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ของเหลวหลังผ่านกรวยแยก มีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. ถ้านักเรียนต้องการแยกน้ำผสมน้ำมัน แต่ไม่มีกรวยแยก นักเรียนจะใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ชนิดใดในการแยกแทน เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

4. ถ้าต้องการแยกน้ำกับแอลกอฮอล์ นักเรียนคิดว่า เราจะใช้กรวยแยกของเหลวผสมนี้ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 4
เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส

สาระสำคัญ

วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส มีดังนี้

1. การให้ความร้อน เป็นวิธีการที่ทำให้ของเหลวปนแก๊สมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แก๊สที่ละลายอยู่ในของเหลวจะละลายได้น้อยลง เนื่องจากการละลายของแก๊สในของเหลวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยแก๊สจะละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้แก๊สที่ละลายในของเหลวหนีออกจากของเหลว คงเหลือแต่ของเหลวเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น น้ำโซดา เป็นเครื่องดื่มที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ในน้ำ เมื่อเรานำน้ำโซดามาต้ม จะพบว่ามีฟองแก๊สปลุกขึ้นเหนือน้ำเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการต้มทำให้อุณหภูมิของน้ำโซดาเพิ่มขึ้นส่งผลให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในน้ำละลายได้น้อยลง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงหนีออกจากน้ำ คงเหลือแต่น้ำเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การต้มจึงเป็นวิธีไล่แก๊สออกจากของเหลววิธีหนึ่ง

2. การลดความดัน เป็นวิธีการที่ทำให้แก๊สที่ละลายในของเหลวละลายได้น้อยลง เนื่องจากความดันเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการละลายของแก๊สในของเหลว กล่าวคือแก๊สจะละลายในของเหลวได้มากเมื่อเพิ่มความดัน แต่ละลายได้น้อยลงเมื่อลดความดัน ดังนั้นเมื่อเราลดความดัน แก๊สจะหนีออกจากของเหลว ตัวอย่างเช่น การเปิดจุกขวดน้ำโซดาและน้ำอัดลม น้ำโซดาและน้ำอัดลม เป็นเครื่องดื่มที่มีแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ ขณะที่จุกปิดอยู่ความดันของแก๊สเหนือของเหลวในขวดมีอยู่มาก เมื่อเราเปิดจุกขวดจะทำให้ความดันของอากาศลดลง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงหนีออกจากของเหลว ซึ่งจะเห็นเป็นฟองฟู่ออกมาจากขวด



บทปฏิบัติการที่ 4

เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนแก๊สด้วยการใช้ความร้อน

หลักการ

ของเหลวปนแก๊สเมื่อได้รับความร้อน จะทำให้ของเหลวมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แก๊สที่ละลายอยู่ในของเหลวจะละลายได้น้อยลง แก๊สจึงหนีออกจากของเหลว

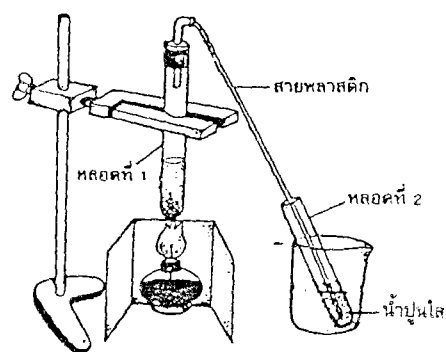
จุดประสงค์

- นักเรียนสามารถทดลองและสรุปหลักการแยกองค์ประกอบของสารผสม ด้วยวิธีการให้ความร้อนได้

เวลาที่ใช้ 50 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. น้ำโซดา | 20 cm ³ |
| 2. น้ำปูนใส | 5 cm ³ |
| 3. หลอดทดลองขนาดใหญ่ | 1 หลอด |
| 4. หลอดทดลองขนาดกลาง | 1 หลอด |
| 5. หลอดนำแก๊ส | 1 อัน |
| 6. จุกยาง | 1 อัน |
| 7. สายพลาสติก | 1 เส้น |
| 8. เศษกระเบื้อง | 2 ชิ้น |
| 9. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³ | 1 ใบ |
| 10. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง | 1 ชุด |
| 11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ | 1 ชุด |
| 12. ไม้ขีดไฟ | 1 กล่อง |



รูปแสดงการให้ความร้อนแก่น้ำโซดา

วิธีการทดลอง

1. สังเกตลักษณะของน้ำโซดา บันทึกผล
2. ใส่น้ำโซดา 20 cm³ ลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่ และใส่เศษกระเบื้องชิ้นเล็กๆ ลงไป 2 ชิ้น
3. ต่อสายพลาสติกเข้ากับหลอดนำแก๊สซึ่งเสียบอยู่กับจุกยาง
4. ปิดปากหลอดทดลองขนาดใหญ่ด้วยจุกยางในข้อ 3 โดยให้ปลายสายพลาสติกด้านหนึ่งอยู่ในหลอดทดลองขนาดกลางที่บรรจุน้ำปูนใส 5 cm³ ดังรูป
5. ต้มน้ำโซดาในหลอดทดลองขนาดใหญ่ประมาณ 5 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้งสอง
6. ให้ดึงสายพลาสติกออกจากหลอดทดลองที่แช่ในน้ำปูนใสก่อนนำเอาตะเกียงออก

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนแก๊สด้วยการใช้ความร้อน

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....
 ชื่อผู้ทดลอง 1.ชั้น.....เลขที่.....
 2.ชั้น.....เลขที่.....
 3.ชั้น.....เลขที่.....
 4.ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....
 2.....

สมมติฐาน

.....

ผลการทดลอง

หลอดทดลองที่บรรจุ	ผลการสังเกต	
	ก่อนการต้มน้ำโซดา	หลังการต้มน้ำโซดา
น้ำโซดา		
น้ำปูนใส		

สรุปผลการทดลอง

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. น้ำโซดาก่อนและหลังต้ม มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่า ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นในน้ำโซดา คือแก๊สใด ทราบได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. น้ำปูนใสก่อนและหลังต้มน้ำโซดา มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่า ของเหลวที่เหลืออยู่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่ คืออะไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

5. ถ้านักเรียนเปลี่ยนน้ำโซดาเป็นน้ำอัดลมแทน ผลการทดลองจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟี

สาระสำคัญ

คำว่า โครมาโทกราฟี (Chromatography) แปลว่า การแยกออกเป็นสี ๆ (The production of color scheme) ซึ่ง Tswett ชาวรัสเซีย เป็นผู้เริ่มใช้เทคนิคนี้เป็นคนแรกในปี ค.ศ.1906 ได้แยกสารที่สกัดออกจากใบไม้สกัดได้เป็นสีต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการที่ว่า สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายต่างกัน และจะถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับได้ต่างกัน

โครมาโทกราฟี ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ตัวทำละลาย เป็นของเหลวที่ทำหน้าที่ละลายองค์ประกอบของสารให้ออกจากกัน โดยสารแต่ละตัวจะเคลื่อนที่บนตัวดูดซับตามความสามารถของสารนั้นๆ ได้แก่ น้ำ น้ำเกลือ แอลกอฮอล์ เป็นต้น
2. ตัวดูดซับ เป็นส่วนที่ให้สารเคลื่อนที่ ได้แก่ กระดาษกรอง กระดาษโครมาโทกราฟี แท่งคอลัมน์ เป็นต้น

ชนิดของโครมาโทกราฟี

1. เปเปอร์โครมาโทกราฟี (Paper Chromatography) วิธีนี้ใช้กระดาษกรองหรือกระดาษโครมาโทกราฟีเป็นตัวดูดซับ นำสารละลายของสารผสมที่ต้องการจะแยก มาจุดบนกระดาษกรองที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า พอแห้งแล้วก็เอากระดาษนี้ไปใส่ในภาชนะที่มีตัวทำละลาย ให้ส่วนปลายของกระดาษที่มีจุดของสารจุ่มอยู่ทางด้านที่มีตัวทำละลาย โดยที่ระดับของตัวทำละลายอยู่ต่ำกว่าจุดของสาร ตัวทำละลายจะซึมผ่านจุดขึ้นข้างบน ขณะที่ซึมผ่านนั้น ตัวทำละลายก็จะละลายพาสารต่าง ๆ ในสารผสมให้เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารและธรรมชาติของตัวทำละลาย ดังนั้นเมื่อทิ้งไว้ชั่วระยะหนึ่ง สารต่าง ๆ ก็จะแยกออกจากกัน

2. ทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography) วิธีนี้มีวิธีการและหลักการเช่นเดียวกับเปเปอร์โครมาโทกราฟี แตกต่างกันที่การใช้ตัวดูดซับ โดยเปลี่ยนจากกระดาษกรองหรือกระดาษโครมาโทกราฟี มาใช้แผ่นกระจกฉาบด้วยซิลิกาเจล หรืออะลูมินา

3. คอลัมน์ โครมาโทกราฟี (Column Chromatography) วิธีนี้ใช้คอลัมน์แก้วบรรจุผงของตัวดูดซับ ตัวดูดซับที่นิยมใช้คือ อะลูมินา (alumina, Al_2O_3) หรือซิลิกาเจล (silica gel, SiO_2) เอาสารผสมที่ต้องการจะแยกมาละลายในตัวทำละลายจำนวนเล็กน้อยแล้วค่อย ๆ หยดลงบนตัวดูดซับ จากนั้นเติมตัวทำละลายตามลงไป ตัวทำละลายจะพาสารที่ต้องการแยกให้เคลื่อนลงไปด้วยอัตราเร็วต่างกัน สารที่ละลายได้ดีจะแยกออกมาก่อนทางตอนล่าง ส่วนสารที่ละลายได้น้อยจะแยกออกมาทีหลังและอยู่ตอนบน ในที่สุดจะได้แถบสีของแต่ละสารแยกออกจากกัน

ประโยชน์ของโครมาโทกราฟี

1. ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของสาร
2. ใช้แยกสารเนื้อเดียวที่มีส่วนผสมหลาย ๆ ชนิดออกจากกันได้
3. ใช้ในการแยกสารเพื่อให้ได้สารบริสุทธิ์



บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง วิธีโครมาโทกราฟี

หลักการ

โครมาโทกราฟี เป็นวิธีการที่ใช้แยกสารเนื้อเดียวออกจากกันได้ดี โดยอาศัยหลักการที่ว่า สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายต่างกัน และมีสมบัติในการซึมผ่านตัวดูดซับต่างกัน จึงเป็นผลทำให้สารแต่ละชนิดนั้นแยกออกจากกันได้ ดังนั้นวิธีโครมาโทกราฟีจึงประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวดูดซับและตัวทำละลาย

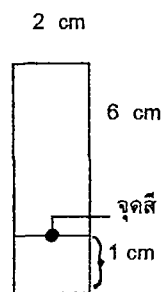
จุดประสงค์

- นักเรียนสามารถทดลองและสรุปวิธีการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีได้

เวลาที่ใช้ 50 นาที

อุปกรณ์และสารเคมี

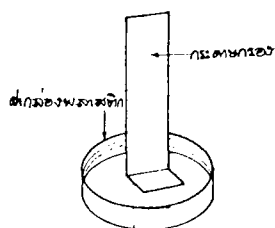
- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1. ปากกาสีเมจิกสีดำ | 1 ด้าม |
| 2. กระดาษกรอง | 1 แผ่น |
| 3. กล้องพลาสติกเบอร์ 1 | 1 ใบ |
| 4. น้ำกลั่น | 5 cm ³ |
| 5. เทปใส | |



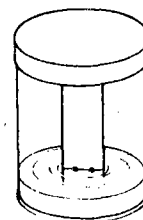
รูปที่ 1 แสดงการจุดสีบนกระดาษกรอง

วิธีการทดลอง

1. ตัดกระดาษกรองให้เป็นแถบขนาด 2 cm x 6 cm ใช้ดินสอขีดเส้นห่างจากปลายล่าง 1 cm
2. ใช้ปากกาสีเมจิกสีดำมาจุดที่เส้นดินสอ 1 จุด ทำจุดสีดำให้เข้มข้นโดยจุดสีเมจิกซ้ำที่เดิมหลายๆ ครั้ง โดยแต่ละครั้งต้องรอให้จุดเดิมแห้งก่อน
3. ติดปลายด้านบนของแถบกระดาษกรองเข้ากับฝากล่องพลาสติก ลองปิดฝากล่องดู อย่าให้ปลายล่างของกระดาษแตะกับกล่องพลาสติก
4. เปิดฝากล่องพลาสติกแล้วยกขึ้น เติมน้ำลงไปในกล่องพลาสติกสูงประมาณ 0.5 cm แล้วปิดฝากล่อง ให้ปลายล่างของกระดาษจุ่มในน้ำและให้จุดสีดำอยู่เหนือระดับน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำซึมขึ้นมาเกือบถึงขอบบนของกระดาษ ยกกระดาษกรองออกจากกล่องพลาสติก ทิ้งไว้ให้แห้ง สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนกระดาษกรอง



รูปที่ 2 แสดงการติดกระดาษกรองเข้ากับฝากล่องพลาสติก



รูปที่ 3 แสดงการจุ่มแถบกระดาษกรองในน้ำ

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง วิธีโครมาโทกราฟี

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.ชั้น.....เลขที่.....

2.ชั้น.....เลขที่.....

3.ชั้น.....เลขที่.....

4.ชั้น.....เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.....

2.....

.....

สมมติฐาน

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ขณะที่กระดามกรองซึ่งมีจุดสีดำจุ่มอยู่ในน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

2. ในการทดลองนี้สิ่งใดทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ และสิ่งใดทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย

.....

.....

.....

.....

3. หมึกสีดำประกอบด้วยสารอย่างน้อยกี่ชนิด นักเรียนทราบได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. จากการทดลอง ถ้าใช้แอลกอฮอล์แทนน้ำ ผลการทดลองจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

5. เราสามารถนำวิธีการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 1
เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายหลักการและเลือกใช้วิธีการแยกสารที่เป็นของแข็งปนของแข็งได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของแข็ง

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อทำการทดลองนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของคำว่า การใช้อำนาจแม่เหล็ก การระเหิด และการใช้ตัวทำละลายได้
2. ทดลองและอธิบายหลักการแยกองค์ประกอบของสาร โดยวิธีการใช้อำนาจแม่เหล็ก การระเหิด และการใช้ตัวทำละลายได้

ตอนที่ 1 การใช้อำนาจแม่เหล็ก

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	10 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	10 นาที	รวม 30 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. ผงตะไบเหล็ก	2 กรัม
2. ทราย	6 กรัม
3. แม่เหล็ก	1 แท่ง
4. กระดาษขาว	1 แผ่น
5. ช้อนตักสารเบอร์ 2	1 อัน
6. กระป๋องนมข้น	1 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูผสมผงตะไบเหล็กกับทรายในอัตราส่วน 1: 3 ใส่ในปิกรเกอร์แล้วติดฉลาก "สารหมายเลข 1" ให้เรียบร้อย
2. ครูควรเตรียมกระป๋องนมที่สะอาดและเปิดฝาไว้แล้ว หรือให้นักเรียนเตรียมมาในวันที่ทำการทดลอง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูควรสาธิตวิธีการใช้ช้อนตักสาร เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง
2. ครูควรแนะนำให้นักเรียนทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วสังเกตผล
3. เพื่อเป็นการประหยัดสาร ให้นักเรียนเก็บสารที่ใช้แล้วมาไว้ในภาชนะที่ครูเตรียมไว้

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. การใช้อำนาจแม่เหล็กสามารถแยกองค์ประกอบของสารหมายเลข 1 ได้
2. การแยกองค์ประกอบของสารหมายเลข 1 ออกจากกัน สามารถทำได้โดยใช้อำนาจแม่เหล็ก

ผลการทดลองตอนที่ 1

การทดลอง	ผลการสังเกต
1. สังเกตลักษณะเนื้อสาร	เป็นผงสีดำและสีน้ำตาลปนกัน บางส่วนหยาบ บางส่วนละเอียด
2. เมื่อวางแท่งแม่เหล็กที่ก้นกระป๋องนม	ส่วนที่เป็นผงสีดำติดมากับแม่เหล็กที่ก้นกระป๋องนม และส่วนผงสีน้ำตาลไม่ติดแม่เหล็กและตกอยู่บนกระดาษขาว

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่า

1. สารหมายเลข 1 สามารถแยกเป็นส่วนประกอบย่อยได้ 2 ชนิด คือ ผงสีดำและผงสีน้ำตาล ซึ่งมีสมบัติต่างกัน
2. การแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่มีองค์ประกอบหนึ่งมีสมบัติในการถูกแม่เหล็กดูดได้ ทำได้โดยใช้แม่เหล็กดูด

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1

1. สารหมายเลข 1 มีลักษณะเนื้อสารเป็นอย่างไร
 - เป็นผงสีดำและสีน้ำตาลปนกัน บางส่วนหยาบ บางส่วนละเอียด
2. สารหมายเลข 1 มีส่วนประกอบที่มีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
 - มีสมบัติแตกต่างกัน คือ สารหนึ่งมีสมบัติในการถูกแม่เหล็กดูดได้ ส่วนอีกสารหนึ่งไม่มีสมบัติในการถูกแม่เหล็กดูดได้
3. สารหมายเลข 1 มีส่วนประกอบกี่ชนิด อะไรบ้าง
 - มีส่วนประกอบ 2 ชนิด ได้แก่ ผงตะไบเหล็กและทราย
4. ถ้ามีเข็มหมุดตัวเล็ก ๆ ปนอยู่ในข้าวสาร นักเรียนจะใช้วิธีการที่ทดลองมานี้แยกเข็มหมุดออกมาได้หรือไม่อย่างไร
 - แยกออกได้ โดยนำแม่เหล็กไปดูดเข็มหมุดออกจากข้าวสาร เนื่องจากเข็มหมุดมีสมบัติในการถูกแม่เหล็กดูดได้
5. วิธีการแยกสารเนื้อผสมออกจากกัน โดยมีสารหนึ่งถูกแม่เหล็กดูดได้นั้น เราเรียกวิธีการเช่นนี้ว่าอะไร
 - การใช้อำนาจแม่เหล็ก

ตอนที่ 2 การระเหิด

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	15 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	10 นาที	รวม 35 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. เกลือแกง	6 กรัม
2. การบูร	3 กรัม
3. ช้อนตักสารเบอร์ 2	2 อัน
4. บีกเกอร์ขนาด 50 cm ³	1 ใบ
5. แผ่นกระจก	1 แผ่น
6. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม	1 ชุด
7. ไม้ขีดไฟ	1 กลั๊ก

การเตรียมล่วงหน้า

- ครูเตรียมของผสมของการบูรและเกลือแกงไว้ล่วงหน้า โดยผสมในอัตราส่วน 1 : 2 ใส่ขวดปิดฝา แล้วติดฉลาก "สารหมายเลข 2" ให้เรียบร้อย

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูแนะนำวิธีใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ให้กับนักเรียน และเตือนให้นักเรียนระมัดระวังในการจุดไฟที่ตะเกียงแอลกอฮอล์
2. ครูเน้นให้นักเรียนเฝ้าสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์และแผ่นกระจก

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. การแยกองค์ประกอบของสารหมายเลข 2 ออกจากกัน สามารถทำได้โดยการระเหิด
2. การระเหิดสามารถแยกองค์ประกอบของสารหมายเลข 2 ได้

ผลการทดลองตอนที่ 2

สิ่งที่สังเกต	ผลการสังเกต
1. ลักษณะเนื้อสาร	เป็นผงสีขาวขุ่นผสมกับผงสีขาว บางส่วนหยาบ บางส่วนละเอียด มีกลิ่นการบูร
2. สิ่งที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์	มีไอเกิดขึ้นและลอยขึ้นสู่ปากบีกเกอร์ และมีสารที่เป็นของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่นการบูรเหลืออยู่ในบีกเกอร์
3. สิ่งที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระจก	มีของแข็งสีขาวขุ่นเกาะอยู่บนแผ่นกระจก มีลักษณะเป็นฝ้า มีกลิ่นการบูร

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า

- เมื่อสารหมายเลข 2 (การบูรผสมเกลือแกง) ได้รับความร้อน การบูรจะกลายเป็นไอน้ำแยกออกจากเกลือแกงไปเกาะที่แผ่นกระจก จึงเหลือเกลือแกงอยู่ในบีกเกอร์
- การแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งปนของแข็งบางชนิด สามารถแยกได้โดยอาศัยสมบัติการระเหิด
- การระเหิด คือปรากฏการณ์ที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นแก๊ส โดยไม่เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวก่อน

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองตอนที่ 2

1. สารหมายเลข 2 มีลักษณะเนื้อสารเป็นอย่างไร
 - เป็นผงสีขาวขุ่นผสมกับผงสีขาว บางส่วนหยาบ บางส่วนละเอียด มีกลิ่นการบูร
2. หลังเผา มีการเปลี่ยนแปลงอะไรเกิดขึ้นที่บีกเกอร์และแผ่นกระจก
 - ที่บีกเกอร์ มีไอเกิดขึ้นและลอยขึ้นสู่ปากบีกเกอร์ และมีสารที่เป็นของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่นการบูรเหลืออยู่ในบีกเกอร์ ส่วนที่แผ่นกระจก มีของแข็งสีขาวขุ่นเกาะอยู่บนแผ่นกระจก มีลักษณะเป็นฝ้า มีกลิ่นการบูร
3. สารที่ติดอยู่บนแผ่นกระจกคืออะไร นักเรียนทราบได้อย่างไร
 - การบูร ทราบได้จากสารดังกล่าวมีกลิ่นการบูร
4. สารที่เหลืออยู่ในบีกเกอร์มีลักษณะอย่างไร นักเรียนคิดว่า สารที่เหลืออยู่นี้คืออะไร
 - มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่นการบูร สารที่เหลืออยู่นี้คือเกลือแกง
5. การระเหิด คืออะไร
 - การระเหิด คือปรากฏการณ์ที่สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นแก๊ส โดยไม่เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวก่อน

ตอนที่ 3 การใช้ตัวทำละลาย

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	15 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	10 นาที	รวม 35 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. ดิน	4 กรัม
2. เกลีสแกง	2 กรัม
3. น้ำกลั่น	10 cm ³
4. ช้อนตักสารเบอร์ 2	2 อัน
5. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	2 ใบ
6. กระจกกรอง	1 แผ่น
7. กรวยกรอง	1 อัน
8. หลอดฉีดยาขนาด 12 cm ³	1 อัน
9. แท่งแก้วสำหรับคน	1 อัน
10. ขาดังและที่จับหลอดทดลอง	1 ชุด
11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม	1 ชุด
12. ไมซ์ไฟ	1 กลัก

การเตรียมล่วงหน้า

- ครูผสมเกลีสแกงและดินใส่บีกเกอร์ โดยผสมในอัตราส่วน 1 : 2 แล้วติดฉลาก “สารหมายเลข 3” ให้เรียบร้อย

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูอธิบายและสาธิตถึงเทคนิคการใช้เครื่องมือต่าง ๆ รวมทั้งเทคนิคในการปฏิบัติการด้วยเช่น การคนสาร การรินสาร การพับกระดาษกรอง การกรอง และการระเหยจนแห้ง
2. ครูเตือนให้นักเรียนระมัดระวังในเรื่องการจุดไฟ

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. การแยกองค์ประกอบของสารหมายเลข 3 ออกจากกันสามารถทำได้โดยการใช้ตัวทำละลาย
2. การแยกสารผสมที่เป็นของแข็งปนของแข็งบางชนิดสามารถแยกได้โดยการใช้ตัวทำละลาย

ผลการทดลองตอนที่ 3

สิ่งที่สังเกต	ผลการสังเกต
1. ลักษณะเนื้อสาร	เป็นผงสีดำปนกับผงสีขาว บางส่วนหยาบ บางส่วนละเอียด
2. สารหมายเลข 3 ผสมในน้ำ	เป็นของเหลวขุ่น มีสารสีดำตกตะกอน
3. สิ่งที่ติดอยู่บนกระดาษกรอง	สารสีดำ
4. สิ่งที่เหลืออยู่ในบีกเกอร์	สารสีขาว

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า

1. สารหมายเลข 3 สามารถแยกเป็นส่วนประกอบย่อยได้ 2 ชนิดคือ สารสีดำและสารสีขาว ซึ่งมีสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่างกัน
2. การแยกองค์ประกอบของสารเนื้อผสมที่มีความสามารถในการละลายต่างกัน สามารถทำได้โดยใช้ตัวทำละลาย

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองตอนที่ 3

1. สารหมายเลข 3 มีลักษณะเนื้อสารเป็นอย่างไร
 - มีลักษณะเป็นผงสีดำปนกับผงสีขาว บางส่วนหยาบ บางส่วนละเอียด
2. สารหมายเลข 3 มีส่วนประกอบที่มีสมบัติเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
 - มีสมบัติแตกต่างกัน คือสารหนึ่งมีสมบัติในการละลายในน้ำได้ ส่วนอีกสารหนึ่งไม่สามารถละลายในน้ำได้
3. ตัวทำละลาย หมายถึงอะไร ในการทดลองนี้ใช้สารใดเป็นตัวทำละลาย
 - สารที่ทำให้ตัวถูกละลายเกิดการละลาย ในการทดลองนี้ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย
4. การแยกสารที่ไม่ละลายในน้ำออกจากสารที่ละลายในน้ำ ทำได้โดยวิธีการใด
 - การกรอง
5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
 - การสกัดสีผสมอาหารจากใบเตยและดอกอัญชัน การทำเกลือสินเธาว์ในภาคอีสาน เป็นต้น

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 2

เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายหลักการและเลือกใช้วิธีการแยกสารที่เป็นของแข็งปนของเหลวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง วิธีแยกของแข็งปนของเหลว

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อนักเรียนทำการทดลองนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของคำว่า การกรอง การระเหยจนแห้ง การกลั่นได้
2. ทดลองและอธิบายหลักการแยกสารโดยวิธีการกรอง การระเหยจนแห้งและการกลั่น เพื่อใช้ในการแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งปนของเหลวได้

ตอนที่ 1 การกรอง

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	25 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	15 นาที	รวม 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. น้ำหวานสีแดง	20 cm ³
2. น้ำแป้ง	20 cm ³
3. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	2 ใบ
4. กระดาษกรอง	2 แผ่น
5. กรวยกรอง	1 อัน
6. หลอดฉีดยาขนาด 35 cm ³	1 อัน
7. แท่งแก้วสำหรับคน	1 อัน
8. ขาดั่งและที่จับหลอดทดลอง	1 ชุด

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูเตรียมน้ำหวานสีแดง โดยใช้ น้ำหวานผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 2
2. ครูเตรียมน้ำแป้ง โดยใช้แป้งมัน 5 กรัมผสมน้ำ 100 cm³

อภิปรายก่อนการทดลอง

- ครูอธิบายและสาธิตวิธีการพับกระดาษกรอง การรินสาร และการกรองให้นักเรียนดู เพื่อให้ นักเรียนปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. การแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งปนของเหลว สามารถทำได้โดยการกรอง
2. การแยกสารที่ไม่ละลายในของเหลวออกจากของเหลว สามารถทำได้โดยการกรอง

ผลการทดลองตอนที่ 1

สารที่ใช้	ลักษณะของเหลวก่อนการกรอง	ลักษณะของเหลวหลังการกรอง
น้ำหวาน	ของเหลวมีสีแดง รสหวาน	ของเหลวมีสีแดง สีขุ่น รสหวาน
น้ำแป้ง	ของเหลวมีสีขาวขุ่น มีตะกอนสีขาว	ของเหลวใส ไม่มีสี

อภิปรายหลังผลการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า

การกรอง เป็นวิธีการแยกสารที่ไม่ละลายในของเหลวออกจากของเหลว ทำให้ของเหลวที่ผ่านการกรองมีลักษณะใส แต่การกรองไม่สามารถกรองสารที่ละลายในของเหลวได้ จึงทำให้ของเหลวนั้นยังคงมีคุณสมบัติเหมือนเดิม เช่น มีสีและรสเหมือนเดิม

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองตอนที่ 1

1. ของเหลวที่ผ่านการกรองกับของเหลวที่ไม่ได้ผ่านการกรองมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
 - แตกต่างกัน ของเหลวที่ผ่านการกรองจะมีลักษณะใสกว่าของเหลวที่ไม่ได้ผ่านการกรอง
2. ของเหลวชนิดใดเมื่อผ่านการกรองแล้วยังมีคุณสมบัติเหมือนเดิม เพราะเหตุใด
 - น้ำหวานสีแดง เพราะการกรองไม่สามารถกรองสารที่ละลายในของเหลวได้ จึงทำให้น้ำหวานที่มีน้ำตาลละลายอยู่
3. ในการกรอง ของเหลวชนิดใดที่มีสารตกค้างบนกระดาษกรอง และชนิดใดไม่มีสารตกค้างบนกระดาษกรอง
 - ในการกรอง น้ำแป้งมีสารตกค้างบนกระดาษกรอง และน้ำหวานสีแดงไม่มีสารตกค้างบนกระดาษกรอง
4. ถ้านักเรียนกรองของเหลวด้วยผ้ากรอง ผลการทดลองจะต่างจากการกรองด้วยกระดาษกรองอย่างไร เพราะเหตุใด
 - ของเหลวจะไหลผ่านผ้ากรองได้เร็วกว่ากระดาษกรอง และของเหลวที่กรองได้จะใส่น้อยกว่าการกรองด้วยกระดาษกรอง เพราะผ้ากรองมีรูขนาดใหญ่กว่ารูของกระดาษกรอง
5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
 - การกรองน้ำกะทิออกจากกาก การกรองเอาฝุ่นผงออกจากน้ำเชื่อม การกรองเอาฝุ่นผงออกจากน้ำฝน เป็นต้น

ตอนที่ 2 การระเหยจนแห้ง

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	25 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	15 นาที	รวม 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. น้ำเกลือ	1 cm^3
2. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต	1 cm^3
3. ถ้วยกระเบื้อง	1 ใบ
4. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม	1 ชุด
5. หลอดฉีดยา	1 อัน
6. ไม้ขีดไฟ	1 กลั๊ก

การเตรียมล่วงหน้า

- ครูเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์หรือน้ำเกลือ โดยใช้เกลือแกง 5 กรัมละลายในน้ำ ทำเป็นสารละลาย 100 cm^3 และกรองเอาแต่ส่วนที่ใส ติดป้ายชื่อให้ชัดเจน
- ครูเตรียมสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต โดยใช้คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 5 กรัมละลายในน้ำ ทำเป็นสารละลาย 100 cm^3 และติดป้ายชื่อให้ชัดเจน

อภิปรายก่อนการทดลอง

- ครูเตือนนักเรียนอย่าใช้หลอดฉีดยาปนกัน ควรล้างให้สะอาดก่อนนำไปใช้กับสารละลายอีกชนิดหนึ่ง
- หลังการต้มสาร ครูเตือนให้นักเรียนล้างถ้วยกระเบื้องให้สะอาดก่อนนำไปใช้กับสารอีกชนิดหนึ่ง และห้ามไม่ให้นักเรียนล้างถ้วยกระเบื้องทันทีเมื่อต้มสารเสร็จ เพราะจะทำให้ถ้วยกระเบื้องแตกได้

แนวการตั้งสมมติฐาน

- การแยกสารที่เป็นของแข็งละลายในของเหลว สามารถแยกได้โดยการระเหยจนแห้ง
- การระเหยจนแห้งสามารถแยกสารที่เป็นของแข็งออกจากของเหลวได้

ผลการทดลองตอนที่ 2

สารที่ใช้ทดลอง	ผลการสังเกต	
	ก่อนการต้ม	หลังการต้ม
น้ำเกลือ	ของเหลวใส ไม่มีสี	น้ำระเหยไป เหลือของแข็งสีขาว อยู่ในถ้วยกระเบื้อง
สารละลายคอปเปอร์(II) ซัลเฟต (จุนสี)	ของเหลวสีฟ้า ใส	น้ำระเหยไป เหลือของแข็งสีฟ้า อยู่ในถ้วยกระเบื้อง

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า

1. การแยกสารที่มีองค์ประกอบเป็นของแข็งละลายในของเหลว อาจแยกออกจากกันได้โดยการระเหยจนแห้ง
2. การระเหยจนแห้ง เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งละลายในของเหลว โดยใช้ความร้อนทำให้ของเหลวระเหยไปจนหมด คงเหลือแต่สารที่เป็นของแข็ง

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองตอนที่ 2

1. ก่อนต้ม น้ำเกลือและสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต มีลักษณะเป็นอย่างไร
 - น้ำเกลือ มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ส่วนสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต มีลักษณะเป็นของเหลวสีฟ้า ใส
2. ในขณะที่ต้มของเหลวในถ้วยกระเบื้อง มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเกิดขึ้น
 - ในขณะที่ต้ม น้ำจะเดือดและระเหยไปจนหมด คงเหลือแต่สารที่เป็นของแข็ง
3. หลังจากต้มของเหลวทั้งสองชนิดจนแห้งแล้ว มีสิ่งใดเกิดขึ้นในถ้วยกระเบื้อง
 - หลังจากต้มของเหลวทั้งสองชนิดจนแห้งแล้ว น้ำเกลือมีของแข็งสีขาวเหลืออยู่ในถ้วยกระเบื้อง ส่วนสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตมีของแข็งสีฟ้าเหลืออยู่ในถ้วยกระเบื้อง
4. การระเหยจนแห้ง คืออะไร
 - การระเหยจนแห้ง คือวิธีการแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งละลายในของเหลว โดยใช้ความร้อนทำให้ของเหลวระเหยไปจนหมด คงเหลือแต่สารที่เป็นของ
5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
 - การทำนาเกลือ การทำน้ำตาล เป็นต้น

ตอนที่ 3 การกลั่น

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	25 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	15 นาที	รวม 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. น้ำคลอง	10 cm ³
2. สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต	10 cm ³
3. น้ำเย็น	50 cm ³
4. หลอดทดลองขนาดใหญ่	2 หลอด
5. หลอดทดลองขนาดกลาง	2 หลอด
6. หลอดนำแก๊ส	1 อัน
7. จุกยาง	1 อัน
8. ท่อพลาสติก	1 เส้น
9. เศษกระเบื้อง	2 ชิ้น
10. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	1 ใบ
11. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง	1 ชุด
12. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่ก้นลม	1 ชุด
13. ไม้ขีดไฟ	1 กลั๊ก

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูควรตักน้ำคลองมาไว้ล่วงหน้า หรืออาจสั่งให้นักเรียนเตรียมมา
2. ครูเตรียมสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต โดยใช้คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 5 กรัมละลายในน้ำทำเป็นสารละลาย 100 cm³

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูอธิบายและสาธิตการตั้งอุปกรณ์การกลั่น
2. ครูย้าให้นักเรียนใส่เศษกระเบื้องลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่ก่อนต้มสาร เพื่อป้องกันน้ำที่กำลังเดือดไม่ให้พุ่งเข้าไปในหลอดนำแก๊ส
3. ครูเตือนให้นักเรียนดึงท่อพลาสติกออกจากหลอดทดลองก่อนนำตะเกียงออก

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. การกลั่นสามารถแยกสารที่เป็นของแข็งออกจากของเหลวได้
2. การแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งปนของเหลว สามารถทำได้โดยการกลั่น

ผลการทดลองตอนที่ 3

สารที่ใช้	ผลการสังเกต	
	ลักษณะของเหลวก่อนการกลั่น	ลักษณะของเหลวที่ได้จากการกลั่น
น้ำคลอง	ขุ่น มีตะกอนสีดำ	ใส ไม่มีสี
สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (จุนสี)	ใส สีฟ้า	ใส ไม่มีสี

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า

1. การแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของแข็งปนของเหลวปนของเหลว สามารถทำได้โดยการกลั่น ซึ่งเมื่อกลั่นแล้วจะได้ทั้งสารที่เป็นของแข็งและสารที่เป็นของเหลว
2. การกลั่น เป็นกระบวนการต้มของเหลวให้กลายเป็นไอแล้วทำให้ไอนั้นควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง ของเหลวที่กลั่นได้จะใส ไม่มีสี ไม่มีรส

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลองตอนที่ 3

1. จากการทดลอง ของเหลวที่พบในหลอดทดลองขนาดกลางมีลักษณะอย่างไร และนักเรียนคิดว่าของเหลวนี้คืออะไร
 - ของเหลวที่พบในหลอดทดลองขนาดกลางมีลักษณะใส ไม่มีสี และของเหลวนี้คือ น้ำ
2. ของเหลวที่อยู่ในหลอดทดลองขนาดกลางเกิดขึ้นได้อย่างไร
 - เกิดจากไอของของเหลวที่ผ่านท่อพลาสติกแล้วควบแน่นกลายเป็นของเหลวใส ไม่มีสี
3. ถ้านักเรียนนำน้ำมะนาวมาทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3 นี้ นักเรียนคิดว่า ผลการทดลองที่ได้จะเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร
 - ผลการทดลองที่ได้จะเหมือนกัน คือจะได้ของเหลวใส ไม่มีสี เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3
4. การกลั่น คืออะไร
 - การกลั่น เป็นกระบวนการต้มของเหลวให้กลายเป็นไอแล้วทำให้ไอควบแน่นกลับเป็นของเหลวอีกครั้ง
5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
 - การกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูอธิบายและสาธิตวิธีการตั้งอุปกรณ์และวิธีการใช้กรวยแยกที่สร้างขึ้น
2. ครูเตือนให้นักเรียนปรับระดับของกรวยแยกอย่าให้สูงจากบีกเกอร์มากเกินไป เพราะจะทำให้ของเหลวกระเด็นออกมานอกบีกเกอร์
3. ครูเตือนให้นักเรียนคอยระวังของเหลวหกเวลาปิด - เปิดกรวยแยก

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. การแยกสารที่เป็นของเหลวปนของเหลว สามารถทำได้โดยการใช้กรวยแยก
2. เราสามารถแยกน้ำออกจากน้ำมันพืชได้โดยใช้กรวยแยก
3. การใช้กรวยแยกสามารถแยกน้ำออกจากน้ำมันพืชได้

ผลการทดลอง

สารที่ใช้	ผลการสังเกต	
	ลักษณะของเหลวก่อนผ่านกรวยแยก	ลักษณะของเหลวหลังผ่านกรวยแยก
น้ำผสมน้ำมัน	ของเหลวมีสีเหลืองลอยอยู่เหนือ ของเหลวใส ไม่มีสี	ของเหลวใส ไม่มีสี

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า
การแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของเหลวปนของเหลวที่ผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และแยกออกจากกันเป็นชั้นอย่างชัดเจน สามารถทำได้โดยการใช้กรวยแยก

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. ของเหลวก่อนผ่านกรวยแยก มีลักษณะเป็นอย่างไร
 - ของเหลวก่อนผ่านกรวยแยก มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองผสมกับของเหลวใส ไม่มีสี โดยของเหลวสีเหลืองลอยอยู่เหนือของเหลวใส ไม่มีสี
2. ของเหลวหลังผ่านกรวยแยก มีลักษณะเป็นอย่างไร
 - ของเหลวหลังผ่านกรวยแยก มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี
3. ถ้านักเรียนต้องการแยกน้ำมัน แต่ไม่มีกรวยแยก นักเรียนจะใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ชนิดใดในการแยกแทน เพราะเหตุใด
 - หลอดฉีดยา หลอดหยด เหตุผลขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้อุปกรณ์ เช่น หลอดฉีดยา เพราะสามารถใช้หลอดฉีดยาคูดของเหลวที่อยู่ส่วนบนออกจากของเหลวที่อยู่ส่วนล่างได้
4. ถ้าต้องการแยกน้ำกับแอลกอฮอล์ นักเรียนคิดว่า เราจะใช้กรวยแยกของเหลวผสมนี้ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
 - เราไม่สามารถใช้กรวยแยกของเหลวผสมนี้ได้ เพราะน้ำกับแอลกอฮอล์เมื่อผสมกันจะเป็นเนื้อเดียวกัน จึงไม่สามารถแยกได้โดยการใช้กรวยแยก
5. ในชีวิตประจำวัน เรานำเอาหลักการในเรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง
 - เราสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้แยกคราบน้ำมันออกจากน้ำทั้งตามบ้านเรือน หรือแยกคราบน้ำมันออกจากน้ำทั้งตามอู่ซ่อมรถ

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 4

เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนแก๊ส

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายหลักการและเลือกใช้วิธีการแยกสารที่เป็นของเหลวปนแก๊สได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง วิธีแยกของเหลวปนแก๊สด้วยการใช้ความร้อน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อเสริมความรู้ในบทเรียนให้กับนักเรียนในเรื่องการแยกของเหลวปนแก๊ส

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนสามารถ

- ทำการทดลองและสรุปหลักการแยกองค์ประกอบของสารที่เป็นของเหลวปนแก๊สด้วยวิธีการใช้ความร้อนได้

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	25 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	15 นาที	รวม 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. น้ำโซดา	20 cm ³
2. น้ำปูนใส	5 cm ³
3. หลอดทดลองขนาดใหญ่	1 หลอด
4. หลอดทดลองขนาดกลาง	1 หลอด
5. หลอดน้ำแก๊ส	1 อัน
6. จุกยาง	1 อัน
7. ท่อพลาสติก	1 เส้น
8. เศษกระเบื้อง	2 ชิ้น
9. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	1 ใบ
10. ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง	1 ชุด
11. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์	1 ชุด
12. ไม้ขีดไฟ	1 กลั๊ก

การเตรียมล่วงหน้า

- ครูเตรียมน้ำปูนใส โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัมผสมน้ำ 100 cm³ แล้วกรองเอาตะกอนออก ควรใส่สารละลายที่ได้ในขวดปิดฝาให้แน่น

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูอธิบายและสาธิตการตั้งอุปกรณ์การทดลอง
2. ครูแนะนำให้นักเรียนตั้งอุปกรณ์การทดลองให้เสร็จแล้วรืบนาน้ำโซดาไปต้ม เพื่อไม่ให้แก๊สหนีออกจากน้ำจนหมด
3. ครูย้ำให้นักเรียนใส่เศษกระเบื้องลงในหลอดทดลองขนาดใหญ่ก่อนต้มสาร เพื่อป้องกันน้ำที่กำลังเดือดไม่ให้พุ่งเข้าไปในหลอดน้ำแก๊ส
4. ครูเตือนให้นักเรียนดึงท่อพลาสติกออกจากหลอดทดลองที่บรรจุน้ำปูนใสก่อนนำตะเกียงออก

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. การแยกสารที่เป็นของเหลวปนแก๊ส สามารถแยกได้โดยการใช้ความร้อน
2. เราสามารถแยกแก๊สออกจากน้ำโซดาได้โดยการใช้ความร้อน
3. ความร้อนทำให้แก๊สแยกออกจากน้ำโซดาได้

ผลการทดลอง

หลอดทดลองที่บรรจุ	ผลการสังเกต	
	ก่อนการต้มน้ำโซดา	หลังการต้มน้ำโซดา
น้ำโซดา	ของเหลวใส ไม่มีสี มีฟองแก๊ส	ของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีฟองแก๊ส
น้ำปูนใส	ของเหลวใส ไม่มีสี	ของเหลวขุ่น

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า
การแยกแก๊สออกจากของเหลว สามารถทำได้โดยการใช้ความร้อน เนื่องจากแก๊สละลายได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แก๊สที่ละลายในของเหลวหนีออกจากของเหลว

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. น้ำโซดาก่อนและหลังต้ม มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
 - มีลักษณะแตกต่างกัน น้ำโซดาก่อนต้มมีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีฟองแก๊ส ส่วนน้ำโซดาหลังต้มมีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีฟองแก๊ส
2. นักเรียนคิดว่า ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นในน้ำโซดา คือแก๊สใด ทราบได้อย่างไร
 - แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทราบได้จากแก๊สนี้ทำให้น้ำปูนใสขุ่น
3. น้ำปูนใสก่อนและหลังต้มน้ำโซดา มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร
 - มีลักษณะแตกต่างกัน น้ำปูนใสก่อนต้มน้ำโซดา มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ส่วนน้ำปูนใสหลังต้มน้ำโซดา มีลักษณะเป็นของเหลวขุ่น
4. นักเรียนคิดว่า ของเหลวที่เหลืออยู่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่ คืออะไร เพราะเหตุใด
 - ของเหลวที่เหลืออยู่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่ คือ น้ำ เพราะน้ำโซดาเกิดจากการผสมระหว่างน้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อใช้ความร้อนไล่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปหมดก็เหลือแต่น้ำเพียงอย่างเดียว
5. ถ้านักเรียนเปลี่ยนน้ำโซดาเป็นน้ำอัดลมแทน ผลการทดลองจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
 - ผลการทดลองไม่เปลี่ยนแปลง คือน้ำปูนใสจะขุ่นเมื่อนำน้ำอัดลมไปต้ม เพราะน้ำอัดลมเกิดจากการผสมระหว่างน้ำหวานกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์คล้ายกับน้ำโซดา

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 5

เรื่อง การแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟี

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายหลักการแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟีได้

บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง วิธีโครมาโทกราฟี

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้ว นักเรียนสามารถ

- ทำการทดลองและสรุปวิธีการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีได้

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	10 นาที	
	ทดลอง	25 นาที	
	อภิปรายหลังการทดลอง	15 นาที	รวม 50 นาที

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน / กลุ่ม
1. ปากกาสีเมจิกสีดำ	1 ด้าม
2. กระดาษกรองขนาด 2 cm X 6 cm	1 แผ่น
3. กล้องพลาสติกเบอร์ 1	1 ใบ
4. น้ำกลั่น	5 cm ³
5. เทปใส	

การเตรียมล่วงหน้า

- ครูตัดกระดาษกรองให้ได้ขนาด 2 เซนติเมตร X 6 เซนติเมตรไว้ล่วงหน้า

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูเตือนให้นักเรียนระวังในเรื่องต่อไปนี้

1. การจุดสีบนกระดาษกรอง ให้ขีดเส้นด้วยดินสอก่อน แล้วจึงจุดสีด้วยปากกาสีเมจิก
2. ต้องระวังเวลาจุ่มกระดาษที่ผนึกติดปากกล้องพลาสติกให้ระดับน้ำในกล้องอยู่ต่ำกว่าเส้นดินสอ และเมื่อจุ่มกระดาษเรียบร้อยแล้วก็ไม่ควรขยับเขยื้อนกล้องพลาสติกอีก
3. เมื่อน้ำซึมขึ้นมาเกือบถึงขอบบนของกระดาษ ให้ยกปากกล้องพลาสติกออก

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. สีเมจิกสีดำมีสีที่เป็นองค์ประกอบเพียงสีเดียว
2. สีเมจิกสีดำมีสีที่เป็นองค์ประกอบมากกว่า 1 สี

ผลการทดลอง

เมื่อใช้สีเมจิกสีดำจุดบนกระดาษกรองแล้วนำไปจุ่มในน้ำ จะมีสีปรากฏบนกระดาษกรองดังนี้ สีน้ำตาลอยู่ล่างสุด ถัดมาเป็นสีม่วง สีน้ำเงินและสีเขียวอยู่บนสุด

อภิปรายหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า

1. สีเมจิกสีดำซึ่งมองเห็นเป็นสารเนื้อเดียวอาจมีองค์ประกอบของสารมากกว่าหนึ่งชนิด
2. การแยกสารเนื้อเดียวออกจากกันสามารถทำได้โดยวิธีโครมาโทกราฟี ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่า สารจะมีความสามารถในการละลายต่างกัน และให้ซึมผ่านวัตถุบางชนิด เช่น ซอล์ก กระดาษกรอง ซึ่งเป็นตัวดูดซับ

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. ขณะที่กระดาษกรองซึ่งมีจุดสีดำจุ่มอยู่ในน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเกิดขึ้น
 - น้ำจะซึมขึ้นไปบนกระดาษกรอง และละลายจุดสีดำทำให้ปรากฏสีอื่นขึ้นมาบนกระดาษกรอง
2. ในการทดลองนี้สิ่งใดทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ และสิ่งใดทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย
 - น้ำในกระดาษกรองทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ และน้ำทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย
3. สีเมจิกสีดำประกอบด้วยสารอย่างน้อยกี่ชนิด นักเรียนทราบได้อย่างไร
 - สีเมจิกสีดำประกอบด้วยสารอย่างน้อย 4 ชนิด (ขึ้นอยู่กับผลการทดลอง) ทราบได้จากสีที่ปรากฏบนกระดาษกรอง
4. จากการทดลอง ถ้าใช้แอลกอฮอล์แทนน้ำ ผลการทดลองจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
 - ผลการทดลองจะเปลี่ยนแปลง เพราะส่วนประกอบในสีเมจิกสีดำอาจละลายในแอลกอฮอล์ได้ต่างจากน้ำ
5. เราสามารถนำวิธีการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง
 1. ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของสาร
 2. ใช้แยกสารเนื้อเดียวกันที่มีส่วนผสมหลาย ๆ ชนิดออกจากกันได้
 3. ใช้ในการแยกสารเพื่อให้ได้สารบริสุทธิ์

ภาคผนวก ง

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 ข้อ เวลา 30 นาที

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก มีจำนวน 30 ข้อ ให้เวลาทำ 30 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนอักษรใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
5. หากมีข้อสงสัยใด ๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

1. สารในข้อใดที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอได้โดยไม่ต้องหลอมเหลวก่อน

ก. การบูร – กลี๋ยง	ข. การบูร – ลูกเหม็น
ค. การบูร – สารส้ม	ง. ลูกเหม็น – สารส้ม
2. ข้อใดเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการระเหิด

ก. ของแข็ง → แก๊ส	ข. ของเหลว → แก๊ส
ค. แก๊ส → ของเหลว	ง. ของแข็ง → ของเหลว
3. ข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ

ก. การระเหย	ข. การระเหิด
ค. การหลอมเหลว	ง. การควบแน่น
4. กระบวนการต้มของเหลวให้กลายเป็นไอและไอควบแน่นเป็นของเหลวเรียกว่าอะไร

ก. การกลั่น	ข. การกรอง
ค. การระเหิด	ง. การระเหย
5. ข้อใดคือสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เมื่อจะแยกสารออกจากกัน

ก. จุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งของสาร	ข. ความสามารถในการละลายของสาร
ข. การเป็นสารเนื้อเดียวหรือสารเนื้อผสม	ง. สมบัติข้อที่แตกต่างกันมากที่สุดของสาร
6. ถ้านักเรียนต้องการแยกพริกออกจากน้ำส้มสายชู ควรใช้วิธีการในข้อใด

ก. การกลั่น	ข. การหยิบหรือเขี่ยออก
ค. การระเหยจนแห้ง	ง. การใช้ตัวทำละลาย
7. ข้อใดเป็นวิธีการแยกแร่เหล็กที่ปนมากับกรวดทรายที่ดีที่สุด

ก. ใช้ตะแกรงร่อน	ข. ใช้แม่เหล็กดูด
ค. ละลายน้ำแล้วกลั่น	ง. ละลายน้ำแล้วกรอง
8. ของผสมประกอบด้วยเทียนไข น้ำตาล และลูกเหม็นปนกันอยู่ วิธีใดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้แยกลูกเหม็นออกจากของผสมให้ได้สารบริสุทธิ์

ก. ค่อย ๆ อุ่นของผสมให้ร้อน	ข. สกัดของผสมด้วยเอ็กเซน
ค. ละลายของผสมด้วยน้ำ	ง. ร่อนแยกด้วยตะแกรงลวด

9. ถ้าต้องการแยกกำมะถันและดินประสิวออกจากกัน ควรใช้วิธีการในข้อใด
 - ก. การระเหิด
 - ข. การกลั่น
 - ค. ใช้แม่เหล็กดูด
 - ง. ละลายในน้ำแล้วกรอง
10. การนำใบเตยต้มน้ำกับน้ำจะได้สีเขียวออกมา เป็นการแยกสารโดยวิธีใด
 - ก. การกลั่น
 - ข. การกรอง
 - ค. การระเหิด
 - ง. การใช้ตัวทำละลาย
11. ถ้าต้องการแยกผลิตภัณฑ์เปอร์ซัลเฟต (จุนส์) กับทรายออกจากกัน นักเรียนจะมีวิธีการแยกสารทั้งสองตามลำดับขั้นตอนในข้อใด
 - ก. ละลายในน้ำ กรอง ระเหยจนแห้ง
 - ข. กรอง ละลายในน้ำ ระเหยจนแห้ง
 - ค. ละลายในน้ำ ระเหยจนแห้ง กรอง
 - ง. ระเหยจนแห้ง กรอง ละลายในน้ำ
12. สารในข้อใดไม่สามารถแยกได้ด้วยวิธีการกรอง
 - ก. น้ำคลอง
 - ข. น้ำโคลน
 - ค. น้ำแป้ง
 - ง. น้ำหวาน
13. นักเรียนคนหนึ่งนำตะแกรงไปกั้นในท่อน้ำทิ้งเพื่อแยกเอาเศษขยะออกจากน้ำ นักเรียนคนนี้ใช้วิธีใดในการแยกสาร
 - ก. การกรอง
 - ข. การแยก
 - ค. การตกตะกอน
 - ง. การตกผลึก
14. ถ้ามีฝุ่นผงอยู่ในน้ำเชื่อม เราควรใช้วิธีใดในการแยกเอาฝุ่นผงออกจากน้ำเชื่อม
 - ก. การกลั่น
 - ข. การกรอง
 - ค. การระเหิด
 - ง. การระเหย
15. “ น้ำปัสสาวะ ” ของคนเป็นโรคเบาหวาน สามารถใช้วิธีแยกสารเจือปนได้คล้ายกับสารใด
 - ก. น้ำเกลือ
 - ข. น้ำคลอง
 - ค. น้ำแป้ง
 - ง. น้ำผสมกับถ่าน
16. สารในข้อใดใช้วิธีแยกโดยการระเหยจนแห้ง
 - ก. น้ำส้มสายชู
 - ข. น้ำผสมแอลกอฮอล์
 - ค. สารละลายแอมโมเนีย
 - ง. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
17. การแยกสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตให้เหลือแต่ผลิตภัณฑ์คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ทำได้โดยวิธีใด
 - ก. การกลั่น
 - ข. การกรอง
 - ค. การระเหยจนแห้ง
 - ง. โครมาโทกราฟี
18. เมื่อนำน้ำมะนาวมากลั่น ของเหลวที่ได้จะเป็นอย่างไร
 - ก. ใส ไม่มีกลิ่น รสเปรี้ยว
 - ข. ใส มีกลิ่นมะนาว รสเปรี้ยว
 - ค. ใส มีกลิ่นมะนาว ไม่มีรส
 - ง. ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส
19. ถ้านักเรียนต้องการแยกน้ำเชื่อมให้ได้น้ำและน้ำตาล ควรใช้วิธีการในข้อใด
 - ก. การกลั่น
 - ข. การกรอง
 - ค. การระเหิด
 - ง. การใช้ทรายแยก

20. ถ้านักเรียนเล่นเรือไปในทะเลและบังเอิญน้ำดื่มที่เตรียมไปหมด นักเรียนจะแก้ปัญหาอย่างไร
- ก. นำน้ำทะเลมาดื่มแล้วกรอง
 - ข. นำน้ำทะเลมาดื่มแล้วควั่น
 - ค. นำน้ำทะเลมาระเหยจนแห้ง
 - ง. นำน้ำทะเลทำให้ตกตะกอนแล้วดื่ม
21. วิธีการไตใช้แยกสารเนื้อเดียว
- ก. การกลั่น การกรอง
 - ข. การกลั่น วิธีโครมาโทกราฟี
 - ง. การกรอง การใช้แม่เหล็กดูด
 - ง. การกรอง การสกัดด้วยตัวทำละลาย
22. การแยกสารวิธีใดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อน
- ก. การกลั่น
 - ข. การกรอง
 - ค. การระเหย
 - ง. การระเหิด
23. ถ้าต้องการแยกแอลกอฮอล์ออกจากของผสมระหว่างน้ำกับแอลกอฮอล์ ควรใช้วิธีการใด
- ก. การกลั่นลำดับส่วน
 - ข. การใช้กรวยแยก
 - ค. การระเหยจนแห้ง
 - ง. วิธีโครมาโทกราฟี
24. ในน้ำโซดา มีสารใดเป็นองค์ประกอบ
- ก. น้ำและแก๊สไนโตรเจน
 - ข. น้ำและแก๊สไฮโดรเจน
 - ค. น้ำและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
 - จ. น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
25. การเปิดฝาขวดน้ำอัดลม เป็นการแยกสารที่เป็นของเหลวปนแก๊สโดยวิธีการใด
- ก. การลดความดัน
 - ข. การเพิ่มความดัน
 - ค. การลดอุณหภูมิ
 - ง. การเพิ่มอุณหภูมิ
26. ถ้านักเรียนสงสัยว่า น้ำหวานสีแดงจะมีสีอื่น ๆ เจือปนอยู่หรือไม่ จะทดสอบด้วยวิธีใด
- ก. การกรอง
 - ข. การกลั่น
 - ค. การระเหยจนแห้ง
 - ง. วิธีโครมาโทกราฟี
27. ในการทดลองแยกส่วนประกอบของสารละลายที่มีสีด้วยวิธีโครมาโทกราฟี วัตถุในข้อใดที่สามารถนำมาใช้เป็นตัวกลาง
- ก. แท่งถ่าน
 - ข. ผงซอล์ก
 - ค. กระดาษลอกลาย
 - ง. กระดาษวาดเขียน
28. วิธีโครมาโทกราฟีเหมาะสำหรับใช้ในการแยกสารเนื้อเดียวที่มีลักษณะเป็นอย่างไร
- ก. เป็นสารเนื้อเดียวที่มีปริมาณมากๆ
 - ข. มีสารเป็นส่วนประกอบซึ่งไม่มีสี
 - ค. มีสารเป็นส่วนประกอบเพียงอย่างเดียว
 - ง. มีสารเป็นส่วนประกอบมากกว่า 2 ชนิด

29. วิธีโครมาโทกราฟีโดยใช้แท่งคอลัมน์ ทดลองได้อย่างไร
- นำแท่งคอลัมน์ชุบน้ำให้เปียกแล้วหยดสารลงไป
 - หยดสารลงบนแท่งคอลัมน์แล้วนำไปวางในน้ำ
 - หยดสารที่จะทดสอบลงบนแท่งคอลัมน์แล้วสังเกตผล
 - นำสารที่จะทดสอบใส่ถ้วยแล้วนำแท่งคอลัมน์มาวางแนวตั้ง
30. เมื่อใช้กระดาษกรองแยกสีผสมออกจากกันโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ปรากฏว่ามีสี 3 ชนิดแยกออกจากกันเรียงตามลำดับจากจุดเริ่มต้นดังนี้ แดง เหลือง และเขียว อธิบายได้อย่างไร
- สีแดงละลายน้ำได้มากกว่า จึงเคลื่อนที่ได้ช้า
 - สีแดงมีสมบัติเป็นตัวดูดซับที่ดี จึงเคลื่อนที่ได้ช้า
 - สีเขียวละลายน้ำได้มากกว่า จึงเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด
 - สีเขียวละลายน้ำได้น้อยมาก จึงเคลื่อนที่มาพร้อมๆ กับน้ำ



แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 ข้อ เวลา 30 นาที

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก มีจำนวน 30 ข้อ ให้เวลาทำ 30 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนอักษรใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
5. หากมีข้อสงสัยใด ๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

1. สารในข้อใดที่เห็นแล้วไม่สามารถบอกได้ทันทีว่าเป็นสารเนื้อผสม

ก. น้ำพริกแกงตา	ข. ส้มตำมะละกอ
ค. ลอดช่องน้ำกะทิ	ง. เกลือแกงกับน้ำตาลทราย
2. ข้อมูลในข้อใดได้จากการสังเกตน้ำตาลทราย

ก. น้ำตาลทรายทำมาจากอ้อย	ข. น้ำตาลทรายถุนหนัก 1 กิโลกรัม
ค. มดส่วนมากชอบเข้าใกล้น้ำตาลทราย	ง. น้ำตาลทรายเป็นเม็ดเล็ก ๆ สีขาว รสหวาน
3. ถ้าต้องการตวงของเหลวปริมาตร 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ควรใช้อุปกรณ์ใดจึงจะเหมาะสม

ก. กระบอกตวง	ข. ขวดปริมาตร
ค. บีกเกอร์	ง. หลอดหยด
4. การใช้เครื่องมือในการวัดให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ควรทำอย่างไร

ก. บันทึกข้อมูลทุกครั้งที่วัด	ข. อาศัยข้อมูลประกอบการวัด
ค. ใช้การประมาณประกอบการวัด	ง. ปฏิบัติตามวิธีการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง
5. เพราะเหตุใดการวัดจึงต้องกระทำหลาย ๆ ครั้ง

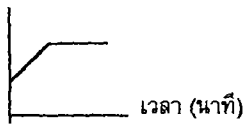
ก. เพื่อหาค่าที่ซ้ำกันมากที่สุด	ข. เพื่อหาค่ามาตรฐานในการในวัด
ค. เพื่อหาค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด	ง. เพื่อตรวจสอบว่าค่าที่วัดได้ครั้งแรกถูกต้อง
6. เครื่องมือชนิดใดใช้แยกสารผสมระหว่างผงตะไบเหล็กกับผงกำมะถัน

ก. กรวยแยก	ข. กระดาษกรอง
ค. ตะแกรงร่อน	ง. แม่เหล็ก
7. ในการจำแนกสารต่างๆ ออกเป็นสารเนื้อเดียว และสารเนื้อผสม เราใช้ประสาทสัมผัสทางใดในการจำแนก

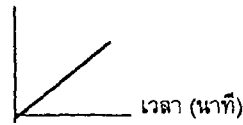
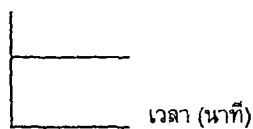
ก. ตา	ข. หู
ค. ลิ้น	ง. จมูก

15. เมื่อนำน้ำอุณหภูมิ 25 °C มาต้มจนกระทั่งเดือด นักเรียนจะเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ตามข้อใด

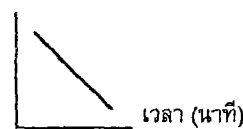
ก. อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)



๒. อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

ค. อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

ง. อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)



16. จากการสังเกตลักษณะเนื้อสารชนิดต่าง ๆ ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 นักเรียนจะบันทึกผลการทดลองในรูปแบบใดจึงจะเหมาะสม
 - ก. กราฟ
 - ข. การบรรยาย
 - ค. ตาราง
 - ง. แผนภูมิ
17. ถ้านักเรียนสกัดเอาสารสีเขียวจากใบพืชมาทำการทดลองโดยวิธีโครมาโทกราฟี ปรากฏว่าได้สีต่าง ๆ นานา กระดาษคือ เขียว เหลือง แสด นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร
 - ก. สารสีเขียวนั้นเป็นสารประกอบชนิดหนึ่ง
 - ข. สารแต่ละชนิดละลายในของเหลวได้ดีเท่ากัน
 - ค. ในสารสีเขียวนั้นประกอบด้วย สีเขียว เหลือง และแสด
 - ง. สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายแตกต่างกัน
18. ในการสังเกตสารตัวอย่างกลุ่มหนึ่ง พบว่าสารชนิดหนึ่งเป็นของเหลวใสและไม่มีสี นักเรียนจะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสารนี้ว่าอย่างไร
 - ก. สารชนิดนี้เป็นสารเนื้อผสม
 - ข. สารชนิดนี้เป็นสารเนื้อเดียว
 - ค. สารชนิดนี้เป็นสารบริสุทธิ์
 - ง. สารชนิดนี้เป็นสารแขวนลอย
19. ในการทดลองนำใบเตยมาต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 20, 60 และ 100 องศาเซลเซียส เพื่อสกัดสีจากใบเตย การทดลองนี้ต้องการพิสูจน์สมมติฐานใด
 - ก. สีของใบเตยจะสกัดได้ดีในน้ำ
 - ข. ใบเตยที่มีขนาดต่างกันจะให้สีได้เข้มต่างกัน
 - ค. น้ำที่อุณหภูมิต่างกันจะสกัดสีจากใบเตยได้ต่างกัน
 - ง. ปริมาณน้ำต่างกันจะสกัดสีจากใบเตยได้ต่างกัน
20. การกรองสารโดยใช้กระดาษกรอง ควรปฏิบัติอย่างไร
 - ก. เทอย่างไรก็ได้ที่ไม่ให้สารละลายหกออกจากกระดาษกรอง
 - ข. เทสารละลายให้ไหลไปตามแ่งแก้วคนลงไปตามแรงโน้มถ่วงโลก
 - ค. เทสารละลายให้ไหลไปตามแ่งแก้วคน โดยวนไปรอบ ๆ กระดาษกรอง
 - ง. เทสารละลายให้ไหลไปตามแ่งแก้วคนกระดาษกรองต้องแนบสนิทกับผิวของกรวยกรอง

21. ถ้าต้องการทดลองวิธีการโครมาโทกราฟีโดยใช้แท่งซอลล์จะทดลองอย่างไร
- นำแท่งซอลล์ชุบน้ำให้เปียกแล้วหยดสารลงไป
 - หยดสารลงบนแท่งซอลล์แล้วนำไปวางในน้ำ
 - หยดสารที่จะทดสอบลงบนแท่งซอลล์แล้วสังเกตผล
 - นำสารที่จะทดสอบใส่ถ้วยแล้วนำแท่งซอลล์มาวางแนวตั้ง
22. ถ้านักเรียนต้องการทดสอบว่าสีแดงและสีเขียว สีใดมีความสามารถในการละลายน้ำดีกว่ากัน จะออกแบบการทดลองอย่างไร
- นำสีทั้งสองละลายน้ำแล้วตรวจวัดความเข้มข้น
 - นำสีทั้งสองละลายน้ำคนละภาชนะแล้วทดลองย้อมผ้าต่างชนิดกัน
 - นำสีทั้งสองมาทาบนกระดาษกรองจับเวลาการแห้งของสีเปรียบเทียบกัน
 - นำสีทั้งสองละลายน้ำรวมกันแล้วทำการทดลองโครมาโทกราฟีบนกระดาษกรอง
23. ถ้าต้องการสกัดสารสี 1 ซ่อนเบอร์ 1 ใส่ลงในหลอดทดลอง นักเรียนควรทำอย่างไร
- สกัดสารสีให้เข้มข้น เพราะจะได้ผลเร็วขึ้น
 - สกัดสารสีให้เต็มหลอดแล้วสกัดสารในหลอดให้แน่น
 - สกัดสารสีให้พอดีปากหลอด โดยใช้ด้ามหลอดอีกอันปิดให้เรียบ
 - สกัดสารสีทีละน้อย ๆ แต่สกัดหลาย ๆ ครั้งเพื่อป้องกันไม่ให้หก
24. ในการปฏิบัติการทดลอง ข้อใดมีความสำคัญน้อยที่สุด
- เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วล้างอุปกรณ์เก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย
 - เลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการทดลอง ตั้งให้มั่นคงไม่ให้ล้มหรือแตก
 - รักษาบริเวณพื้นที่ทดลองให้สะอาดเรียบร้อย เก็บของที่ไม่ใช่ออกไปให้พ้นบริเวณ
 - มอบหมายให้เพื่อนในกลุ่ม 1 คนทำหน้าที่เป็นผู้หยิบสารเคมีหรืออุปกรณ์เป็นการเฉพาะทุกครั้งที่ทำ
- การทดลอง
25. ข้อใดเรียงลำดับการใช้หลอดฉีดยาวัดปริมาณของเหลวได้ถูกต้อง
1. ใส่อากาศออกจากหลอดให้หมด
 2. เลือกขนาดหลอดฉีดยาให้เหมาะสม
 3. จุ่มปลายหลอดลงในของเหลว แล้วดึงก้านหลอดขึ้น
 4. แยกแต่ละส่วนออกล้างทำความสะอาด
- ก. 1, 2, 3, 4
 - ข. 2, 3, 1, 4
 - ค. 3, 1, 4, 2
 - ง. 4, 2, 1, 3
26. ถ้าต้องการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า ของเหลวต่างชนิดกันระเหยได้มากน้อยไม่เท่ากัน จะต้องทำอย่างไร
- ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ในจำนวนเท่า ๆ กัน ลงในภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน
 - ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ในจำนวนเท่า ๆ กัน ลงในภาชนะที่มีขนาดต่างกัน
 - ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ในจำนวนต่างกัน ลงในภาชนะที่มีขนาดเท่ากัน
 - ใส่ของเหลวชนิดต่าง ๆ ในจำนวนต่างกัน ลงในภาชนะที่มีขนาดต่างกัน

27. ของเหลวชนิดหนึ่งมีสี ใส ไม่แน่ใจว่าจะเป็นสารละลายหรือสารบริสุทธิ์ นักเรียนจะออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสารตามข้อใด
- ชั่งหามวลสาร
 - นำไปหาจุดเดือดว่าคงที่หรือไม่
 - นำไปเผาในถ้วยกระเบื้องจนแห้ง
 - ทำการทดลองตามวิธีการโครมาโทกราฟี
28. สารละลายที่มีสาร A และ B ปนอยู่โดย A มีความสามารถในการละลายสูง B มีความสามารถในการละลายต่ำ เมื่อนำมาแยกโดยวิธีโครมาโทกราฟี ผลจะเป็นอย่างไร
- P เคลื่อนที่เร็วกว่า A
 - A เคลื่อนที่ได้ไกลกว่า B
 - B เคลื่อนที่ได้ไกลกว่า A
 - A และ B เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน
29. ในการนำเอาน้ำที่มีลักษณะใสมาต้มในถ้วยกระเบื้องจนแห้ง พบว่าไม่มีสารใดตกค้างที่ก้นภาชนะเลย นักเรียนจะสรุปว่า น้ำนั้นเป็นน้ำบริสุทธิ์ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- ไม่ได้ เพราะอาจมีสารที่ใสเหมือนน้ำปนอยู่
 - ไม่ได้ เพราะสิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำอาจจะเหายกลายเป็นไอ
 - ได้ เพราะความร้อนไม่สามารถทำให้สิ่งเจือปนในน้ำระเหยไปได้
 - ได้ เพราะการระเหยทุกครั้งถ้ามีสิ่งเจือปนอยู่ย่อมเหลือสารตกค้างทิ้งไว้
30. นำแท่งขอล็กสีขาวมาวางลงในกล่องพลาสติกที่มีสารละลายอยู่ ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีพบว่าไม่ปรากฏสีบนแท่งขอล็กเลย นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด
- ขอล็กเปียก
 - สารละลายที่ใช้ไม่มีสี
 - ขอล็กไม่ดูดซึมสารละลาย
 - โมเลกุลสารละลายใหญ่เกินไป



**แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อ
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร**

คำชี้แจงการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามฉบับนี้ ต้องการถามความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนที่เรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร ว่ามีความคิดเห็น หรือความรู้สึกอย่างไรในด้านการเรียนการสอน และด้านการนำความรู้ไปใช้จากการเรียนการสอนในครั้งนี้
2. แบบสอบถามนี้ไม่มีคำตอบใดถูก หรือผิด เนื่องจากความคิดเห็นของแต่ละคนย่อมแตกต่างกัน และไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียน ฉะนั้นขอให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนให้มากที่สุดเพื่อประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่อไป
3. การตอบแบบสอบถามฉบับนี้ให้นักเรียนอ่านข้อความในช่องข้อความอย่างละเอียด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียน ซึ่งมี 5 ระดับ คือ เห็นด้วย อย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่แน่ ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
0				✓		

แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อ
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

เมื่อนักเรียนเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสารจบแล้ว นักเรียนมีความคิดเห็น หรือความรู้สึกอย่างไรต่อการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ข้อ ที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่ แน่ ใจ	ไม่ เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
	<u>ส่วนที่ 1</u> ความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
1	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นน่าสนใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความกังวลใจในการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นแต่ละการทดลองใช้เวลาเหมาะสม.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมให้เป็นคนช่างสังเกต.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความยาก – ง่าย เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้กล้าแสดงความคิดเห็น.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไม่ซ้ำซากเบื่อหน่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยฝึกให้นักเรียนทำงานร่วมกัน.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ ที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่แน่ ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
	ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
11	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นการให้ประสบการณ์ตรง.....	.....	.....	.....	.....	.....
12	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นการใช้เวลาให้เกิดประโยชน์.....	.....	.....	.....	.....	.....
13	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์.....	.....	.....	.....	.....	.....
14	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการแยกสารมากยิ่งขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....
15	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....
16	กิจกรรมการทดลองทำให้นักเรียนเกิดการศึกษาค้นคว้าหาความจริง.....	.....	.....	.....	.....	.....
17	การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....
18	นักเรียนรู้สึกสนุกสนานกับกิจกรรมการทดลองเพื่อค้นคว้าหาความรู้.....	.....	.....	.....	.....	.....
19	นักเรียนได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติและการใช้เครื่องมือจากกิจกรรมการทดลอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความชำนาญในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....
21	กิจกรรมการทดลองทำให้เกิดความระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น.....	.....	.....	.....	.....	.....
22	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเหมาะสมสำหรับใช้ในการเรียนการสอน.....	.....	.....	.....	.....	.....
23	นักเรียนอยากให้มีบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่นๆ อีก.....	.....	.....	.....	.....	.....
24	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้.....	.....	.....	.....	.....	.....

ภาคผนวก จ

- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของ
แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 8 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
1	30	24	.84	.19	-
2	29	12	.64	.53	✓
3	25	4	.45	.66	✓
4	28	19	.73	.28	✓
5	27	4	.48	.72	✓
6	13	5	.28	.25	✓
7	20	3	.36	.53	✓
8	31	26	.89	.16	-
9	25	16	.64	.28	✓
10	5	3	.13	.06	-
11	32	30	.97	.06	-
12	14	7	.33	.22	✓
13	22	15	.58	.22	✓
14	15	1	.25	.44	✓
15	26	19	.70	.22	✓
16	27	21	.75	.19	-
17	25	13	.59	.38	✓
18	30	24	.84	.19	-
19	30	20	.78	.31	✓
20	30	21	.80	.28	✓
21	10	8	.28	.06	-
22	20	3	.36	.53	✓
23	11	2	.20	.28	✓
24	17	11	.44	.19	-
25	18	7	.39	.34	✓
26	31	22	.83	.28	-
27	16	2	.28	.44	✓
28	25	10	.55	.47	✓

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
29	18	2	.31	.50	✓
30	18	16	.53	.06	-
31	16	7	.36	.28	✓
32	30	19	.77	.34	✓
33	4	1	.08	.09	-
34	4	6	.16	-	-
35	9	4	.20	.16	-
36	14	3	.27	.34	✓
37	14	13	.42	.03	-
38	26	17	.67	.28	✓
39	24	16	.63	.25	✓
40	10	5	.23	.16	-
41	6	3	.14	.09	-
42	9	4	.20	.16	-
43	28	18	.72	.31	✓
44	15	6	.33	.28	✓
45	21	9	.47	.38	✓
46	10	10	.31	.00	-
47	18	6	.38	.38	✓
48	10	8	.28	.06	-
49	14	7	.33	.22	✓
50	8	12	.31	-	-

แบบทดสอบทั้งหมด 30 ข้อ นำไปหาค่าความเชื่อมั่นได้เท่ากับ .83

ตาราง 9 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
1	26	15	.64	.34	✓
2	30	19	.77	.34	✓
3	7	2	.14	.16	-
4	7	4	.17	.09	-
5	14	7	.33	.22	✓
6	23	15	.59	.25	✓
7	22	12	.53	.31	✓
8	2	3	.08	-	-
9	30	21	.80	.28	✓
10	8	2	.16	.19	-
11	7	4	.17	.09	-
12	6	10	.25	-	-
13	31	17	.75	.44	✓
14	20	13	.51	.22	✓
15	24	13	.58	.34	✓
16	27	4	.48	.72	✓
17	2	6	.13	-	-
18	25	12	.58	.41	✓
19	24	7	.48	.53	✓
20	27	6	.52	.66	✓
21	20	11	.48	.28	✓
22	21	12	.52	.28	✓
23	25	10	.55	.47	✓
24	17	6	.36	.34	✓
25	9	6	.23	.09	-
26	31	16	.73	.47	✓
27	27	14	.64	.41	✓
28	19	7	.41	.38	✓

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
29	19	10	.45	.28	✓
30	12	5	.27	.22	✓
31	30	15	.70	.47	✓
32	24	8	.50	.50	✓
33	22	11	.52	.34	✓
34	31	10	.64	.66	✓
35	17	8	.39	.28	✓
36	23	13	.56	.31	✓
37	11	7	.28	.13	-
38	12	8	.31	.13	-
39	1	11	.19	-	-
40	10	7	.27	.09	-
41	4	6	.16	-	-
42	3	6	.14	-	-
43	14	7	.33	.22	✓
44	15	4	.30	.34	✓

แบบทดสอบทั้งหมด 30 ข้อ นำไปหาค่าความเชื่อมั่นได้เท่ากับ .84

ภาคผนวก ฉ

- ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- คะแนนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คนที่	X (A = 90)	Y (B = 30)	คนที่	X (A = 90)	Y (B = 30)
1	67	28	22	78	20
2	74	25	23	78	25
3	83	23	24	78	26
4	67	28	25	68	22
5	74	21	26	78	20
6	74	21	27	78	20
7	68	26	28	68	24
8	68	24	29	71	25
9	74	26	30	83	23
10	67	23	31	71	29
11	71	20	32	71	22
12	68	25	33	68	25
13	74	22	34	68	28
14	74	26	35	74	29
15	67	21	36	83	29
16	74	24	37	78	25
17	74	25	38	83	29
18	68	21	39	68	21
19	68	21	40	83	29
20	74	22	$\Sigma X = 2923$		$\Sigma Y = 964$
21	68	21	$E_1 = 81.19$		$E_2 = 80.33$

ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีค่า 81.19 / 80.33

ตาราง 11 คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	17	28	22	13	20
2	11	25	23	13	25
3	14	23	24	17	26
4	8	28	25	14	22
5	16	21	26	20	20
6	12	21	27	8	20
7	11	26	28	11	24
8	20	24	29	11	25
9	15	26	30	12	23
10	12	23	31	13	29
11	11	20	32	12	22
12	16	25	33	8	25
13	9	22	34	13	28
14	19	26	35	18	29
15	8	21	36	16	29
16	11	24	37	15	25
17	18	25	38	13	29
18	14	21	39	18	21
19	18	21	40	24	29
20	18	22	รวม	558	964
21	11	21	ค่าเฉลี่ย	13.95	24.10

ตาราง 12 คะแนนวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	13	19	22	21	24
2	18	21	23	21	25
3	16	20	24	22	25
4	17	20	25	20	22
5	19	24	26	19	19
6	16	23	27	17	22
7	18	19	28	16	20
8	11	18	29	12	16
9	19	22	30	16	19
10	19	24	31	16	18
11	18	22	32	19	22
12	15	17	33	16	22
13	12	18	34	17	18
14	18	23	35	18	18
15	14	23	36	13	20
16	17	22	37	22	25
17	14	17	38	20	20
18	17	19	39	22	25
19	15	21	40	23	26
20	21	25	รวม	692	838
21	15	15	ค่าเฉลี่ย	17.30	20.95

ภาคผนวก ข

ประมวลภาพการเก็บข้อมูลการวิจัย

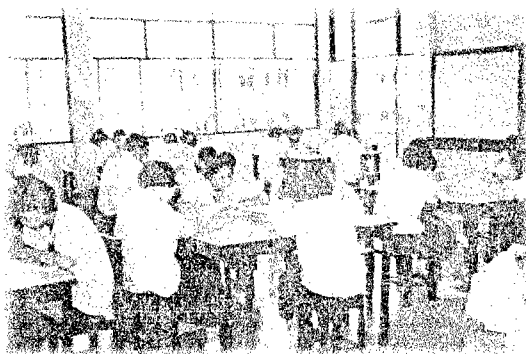
ประมวลภาพการเก็บข้อมูลการวิจัย



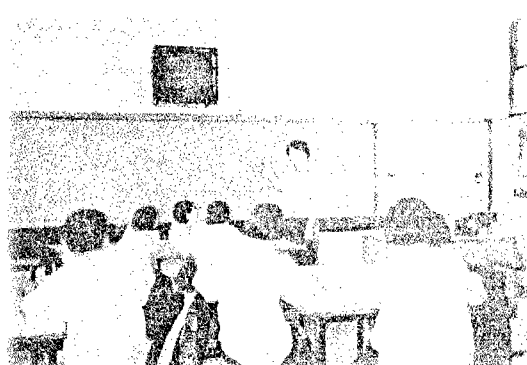
การทดลองใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
กับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 3 คน



การทดลองใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
กับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 9 คน



การทดสอบก่อนเรียน



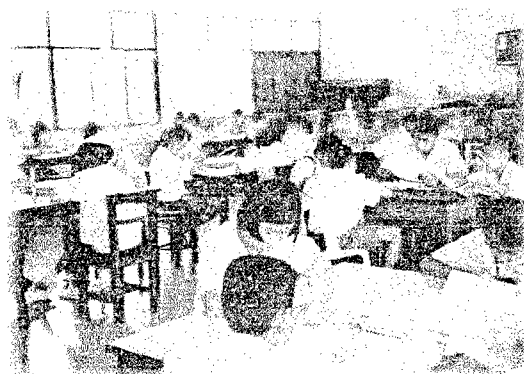
ผู้วิจัยชี้แจงการใช้บทปฏิบัติการ



บรรยากาศในห้องเรียนขณะทำการทดลอง



นักเรียนอภิปรายผลการทดลองที่ได้ภายในกลุ่ม



การทดสอบหลังเรียน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายพันศักดิ์ สายแสงจันทร์
วันเดือนปีเกิด	10 มิถุนายน 2514
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	322 ก ตำบลท่าฉลอม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนคงทองวิทยา อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม 73150
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2529	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย
พ.ศ. 2532	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนวัดราชโอรส
พ.ศ. 2536	ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จากวิทยาลัยครูบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
พ.ศ. 2544	กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ