

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

ปริญญานิพนธ์
ของ
พรมล บัวศิริ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ตุลาคม 2546
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

บทคัดย่อ
ของ
พรมล บัวศิริ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ตุลาคม 2546

พรมล บัวศิริ. (2546). การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียน
ช่วงชั้นที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์,
อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 3 ประการคือ 1) เพื่อพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและ
สมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ 3) เพื่อศึกษา
เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

การดำเนินการวิจัยมี 3 ขั้นตอนคือ 1) การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) การหาประสิทธิภาพ
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75 และ 3) การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไป
ทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการดังนี้ 1) การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยการ
เปรียบเทียบคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคะแนนผลการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 2) วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test dependent 3) วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้าน
ความรู้หลังเรียน ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติ
การวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test one group

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์
ที่กำหนดคือ 77.75/79.33 2) นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและ
ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียน ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทาง
วิทยาศาสตร์และ ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าระดับดี

DEVELOPMENT OF SCIENCE LABORATORY DIRECTIONS ON "MATTER AND ITS
PROPERTIES" FOR THE THIRD KEY-STAGE STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
PORNYAMON BUAKEEREE

*Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
October 2003*

Pornyamon Buakeeree. (2003). *Development of Science Laboratory Directions On "Matter and Its Properties" For the Third Key -Stage Students*. Master Thesis, M.Ed.(Science Education).
Bangkok : Graduate School, Srinakarinwirot University. Advisor committee :
Assoc. Prof. Dr. Natthapong Charoenpit, Dr. Sompratana Wongboonnuk.

This study was conducted under three objectives : 1) to develop school science laboratory directions on Matter and Its Properties for the third key-stage to meet the 75/75 criteria ; 2) to study students' knowledge and practical skills learning outcomes and 3) to investigate attitude towards the developed directions attained by the students.

The study was accomplished through three consecutive stages ; 1) developing the laboratory directions, 2) defining their efficiency against the 75/75 criteria and 3) instructionally experimenting with sample students.

Statistical analysis applied for each stage was : 1) computing percentage of the E_1/E_2 ratio to specify efficiency of the laboratory directions, 2) comparing students' pretest and posttest average scores on knowledge learning outcome using the dependent t-test and 3) comparing students' posttest average scores on knowledge, practical skills and attitude towards the directions using the one group t-test.

Findings of the study were : 1) the developed laboratory directions manifested their efficiency as 77.75/79.33 which was higher than the 75/75 criterion, 2) posttest scores on knowledge were higher than their pretests, and learning outcomes on knowledge, practical skills and attitude towards the developed laboratory directions were better than the "good" level.

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
ทุน ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

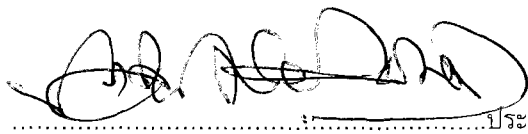
การพัฒนาศักยภาพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

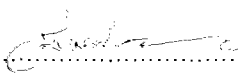
ของ
นางสาวพรยมล บัวศิริ

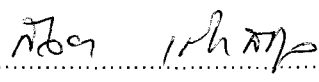
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

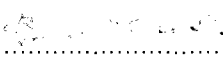

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)
วันที่ 2 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล)


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

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดีจาก
รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สมปรารถนา
วงศ์บุญหนัก กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาอุทิศเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจน
แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล และ รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ
ศรีไพโรจน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์ อาจารย์ ดร. วีระพงษ์ แสง-ชูโต
อาจารย์ ดร. ศิริกานต์ ผาสุก อาจารย์วันิดา อยู่ยี่น อาจารย์กฤษฎี สุบิน ที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบ
แก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนราชวินิตบางแคปานขำ กรุงเทพมหานคร ตลอดจนคณาจารย์
ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและขอขอบใจ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม จังหวัดกาญจนบุรี ตลอดจนคณาจารย์
ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในทุกด้านในการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยให้สำเร็จลุล่วง
เป็นอย่างดีและขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สานิตย์ แจ้งแสง อาจารย์สมชาติ และอาจารย์สุจิน ดริยินดี ที่กรุณาให้
ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลการวิจัย ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้อง พี่ๆ และเพื่อนๆ ที่ให้
ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกครอบครัว "บัวศิริ" ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างเต็มที่ตลอด
ระยะเวลาที่ศึกษาและทำการวิจัย และขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. ครวญ บัวศิริ ที่ได้สนับสนุนกำลังทรัพย์
ตลอดจนให้คำแนะนำในการศึกษาและการวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา
มารดา ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

พรยมล บัวศิริ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1	
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ตอนที่ 1 การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	4
ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	5
ตอนที่ 3 การนำทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
สมมติฐานการวิจัย.....	8
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	9
2	
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
เอกสารเกี่ยวกับสารและสมบัติของสาร.....	11
ความหมายของสารและสมบัติของสาร.....	11
การเปลี่ยนแปลงของสาร.....	12
ธาตุและสารประกอบ.....	14
การแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า.....	17
การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย.....	20
การเกิดสารละลาย.....	22
ปฏิกิริยาเคมี.....	26
การสีกกร่อนหรือการกัดกร่อน.....	28
ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม.....	31
การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม.....	31
การเกิดดินกรดและการปรับปรุงดินกรด.....	33
สารพิษในอาหาร.....	34
สาระสำคัญของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544.....	35
สาระสำคัญพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542.....	33
หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา.....	36
เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	39
มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐานสาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร.....	40
มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น.....	40

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
2(ต่อ) เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	43
ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	43
จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....	44
รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	44
หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	45
ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	46
เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	47
ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	49
ความหมายทักษะปฏิบัติการ.....	49
โครงสร้างของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง.....	50
เครื่องมือวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ.....	52
เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	53
เจตคติกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....	53
เจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	53
การวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	54
เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบฉบับทั่วไป.....	54
เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เสนอเพิ่มเติม.....	55
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	56
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	56
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	59
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	62
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	64
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	67
ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	67
ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	71
ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	72
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	72
ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน.....	72
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	72
เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน.....	73

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3(ต่อ)	แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	73
	แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ	
	ทางวิทยาศาสตร์.....	75
	แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	77
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	78
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	84
	ตอนที่ 1 การพัฒนาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	84
	ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ.....	84
	การประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	88
	ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	89
	ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	90
	ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้.....	90
	ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	92
	เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	93
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	94
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	94
	สมมติฐานการวิจัย.....	94
	วิธีดำเนินการวิจัย.....	94
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	95
	สรุปผลการวิจัย.....	96
	อภิปรายผล.....	96
	ข้อเสนอแนะ.....	105
	บรรณานุกรม.....	107
	ภาคผนวก.....	115
	ภาคผนวก ก.....	116
	รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย.....	117
	ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย.....	118
	ภาคผนวก ข.....	119

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร.....	120
คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	181
ภาคผนวก ค.....	206
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของบทปฏิบัติการ	
วิทยาศาสตร์.....	207
ตารางสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของบทปฏิบัติการ	
วิทยาศาสตร์.....	214
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบ	
วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	215
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้	
ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	219
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบวัด	
เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	221
ภาคผนวก ง.....	222
ตารางแสดงค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความเชื่อมั่นของ	
แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	223
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	227
ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน.....	243
ภาคผนวก จ.....	244
แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	245
แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	253
แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	259
ภาคผนวก ฉ.....	262
ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน.....	263
ตารางแสดงคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน.....	264
ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน.....	265
ตารางแสดงคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน.....	266

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ) ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้	
ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	267
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	
และค่าความเชื่อมั่น..... ..	268
ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และค่าความเชื่อมั่น.....	270
ภาคผนวก ช.....	272
ประมวลภาพประกอบการวิจัย..... ..	273
ประวัติย่อผู้วิจัย..... ..	277

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงตัวอย่างสมบัติทางกายภาพของสาร.....	12
2 แสดงข้อแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี.....	13
3 แสดงสมบัติของธาตุจำพวกโลหะและอโลหะ.....	14
4 แสดงตัวอย่างการใช้ตัวอักษรแทนสัญลักษณ์ของธาตุ.....	16
5 แสดงชนิดของสารละลาย.....	23
6 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 3 คน.....	71
7 แสดงการใช้ระยะเวลาในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	73
8 แสดงการจำแนกข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของพฤติกรรม 4 ด้าน.....	74
9 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 1.1 เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า.....	84
10 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 1.2 เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า.....	85
11 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 2.1 เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร.....	85
12 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 2.2 เรื่องละลายเร็ว - ละลายช้า.....	86
13 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 3.1 เรื่องการทำปฏิกิริยาหินหมากจากหินปูน.....	86
14 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 3.2 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก.....	87
15 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 4.1 เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด.....	87
16 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 4.2 เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร.....	88
17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	88
18 แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน.....	89
19 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน.....	90
20 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	91
21 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ ด้านความรู้หลังเรียน.....	91
22 แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	92
23 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	93
24 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	207
25 สรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	214
26 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของแบบทดสอบ วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	215

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
27	แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....
	219
28	แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....
	221
29	แสดงค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....
	223
30	แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ
	227
31	สรุปผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน.....
	243
32	แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน.....
	263
33	แสดงคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน.....
	264
34	แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน.....
	265
35	แสดงคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน.....
	266
36	แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....
	267
37	แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และค่าความเชื่อมั่น.....
	268
38	แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และค่าความเชื่อมั่น.....
	270

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนผังแสดงการจัดแบ่งประเภทของสาร.....	11
2 แสดงสัญลักษณ์ของธาตุโดยใช้รูปภาพ.....	15
3 แสดงเซลล์อิเล็กโตรไลติก.....	17
4 แสดงกราฟการเพิ่มความร้อนและกราฟการเย็นตัวของสาร 1 โมล.....	21
5 แสดงปฏิกิริยาการเกิดของน้ำ.....	27
6 แสดงการสีกร่อนของโลหะ.....	29
7 สารทั้งหมดในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติมุ่งสู่แนวการจัดการศึกษาที่ "ผู้เรียนสำคัญที่สุด".....	35

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

โลกในยุคปัจจุบันเป็นยุคที่มีความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยี ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นที่แต่ละประเทศต้องเรียนรู้ที่จะปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดเวลา และเตรียมพร้อมที่จะเผชิญกับความท้าทายจากกระแสโลก โดยปัจจัยสำคัญที่จะเผชิญการเปลี่ยนแปลงและความท้าทายดังกล่าวได้แก่ คุณภาพของคน การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนให้มีคุณภาพจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งโดยจะต้องเป็นการศึกษาที่มีคุณภาพเพื่อทำให้ศักยภาพที่มีอยู่ในตัวคนได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ ทำให้เป็นคนที่มีทักษะความรู้ รู้จักแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รู้จักเรียนรู้ด้วยตัวเอง สามารถปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีจริยธรรม คุณธรรม รู้จักพึ่งตนเองและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 1) ในช่วงที่ผ่านมา ประเทศไทย มิได้ทุ่มเทการดำเนินงานให้กับการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างจริงจัง เท่าที่ควร จึงเกิดความตกต่ำในด้านความสามารถในการแข่งขันทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งส่วนหนึ่งมีรากฐานมาจากความอ่อนแอในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และรวมถึงการส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ ทำให้ประเทศไทยขาดแคลนนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ที่จะเป็กำลังสำคัญในการสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : คำนำ) ซึ่งจากข้อมูลของโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ(UNDP พ.ศ. 2542) พบว่ามีเพียงร้อยละ 19 ของจำนวนนิสิตนักศึกษาทั้งหมดที่เรียนสาขาวิทยาศาสตร์จึงเป็นสาเหตุที่ประเทศไทยมีจำนวนนักวิจัยและพัฒนาในสาขาวิทยาศาสตร์เพียงร้อยละ 0.2 ของประชากร ทั้งหมด และกว่าร้อยละ 90 ทำงานด้านการบริหารในหน่วยงานและองค์กรต่างๆโดยมิได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเพื่อค้นหานวัตกรรมใหม่ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่าที่ควร (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : 61-62)

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ให้เจริญก้าวหน้า รวมทั้งสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระดับนานาชาติ ประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของบุคคลมากขึ้นและเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น การจะส่งเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ เพื่อทำให้คนไทยทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเป็นรากฐานในการดำเนินชีวิตได้อย่างรู้เท่าทันและนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (รุ่ง แก้วแดง. 2544 : คำนำ)

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยพุทธศักราช 2540 ได้กล่าวไว้ส่วนหนึ่งว่า รัฐต้องเร่งรัดและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ ซึ่งนับเป็นครั้งแรกของประเทศไทยที่กล่าวถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนในรัฐธรรมนูญ การที่จะไปสู่เป้าหมายดังกล่าวได้จำเป็นต้องพัฒนาการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง ซึ่งเป็นที่มาของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตาม

ธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ในส่วนของการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์นั้นต้องให้เกิดทั้งความรู้จัก และ เจตคติด้านวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545 :1) นอกจากนี้ใน มาตรา 24 กำหนดว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็นทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. 2545 : 4-5)

เป้าหมายการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่เริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษา และเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว รวมทั้งวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดไว้ดังนี้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการ และเจตคติ มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำไปสู่คำตอบของคำถาม มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สื่อสารคำถามคำตอบ ข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ สาระหลักของวิทยาศาสตร์ พื้นฐาน ที่นักเรียนทุกคนต้องเรียนประกอบด้วย ส่วนที่เป็นด้านความรู้ เนื้อหา แนวความคิดหลัก จิตวิทยาศาสตร์และกระบวนการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 8 สาระย่อยดังนี้ สาระที่1: สิ่งมีชีวิตกับการดำรงชีวิต สาระที่2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่3: สารและสมบัติของสาร สาระที่4 : แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่5 : พลังงาน สาระที่6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก สาระที่7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ สาระที่8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2545 : 3-10) จากกระแสการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนในลักษณะกลุ่มสาระการเรียนรู้ และสนองตอบกับกระแสการเปลี่ยนแปลงในทุกด้านและสอดคล้องกับการเตรียมบุคคลและพัฒนาคน ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (2545-2549) งานปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในการสอนวิทยาศาสตร์ การทำงานวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งเน้นเฉพาะอย่างแตกต่างกัน เช่น การทำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงของโมโนมติ หรือหลักการที่ได้เรียนแล้ว และการทำเพื่อมุ่งส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาได้ให้ความสำคัญกับการทำการทดลองเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับนี้ นอกจากมุ่งสอนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ซึ่งวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีจะเข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตในสังคมมากขึ้นแล้ว ยังมุ่งฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งสร้างนิสัยในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ และมุ่งสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย (ภาพ เลขาไพบูลย์. 2542 :267-271)

สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่1-3 เป็นช่วงสุดท้ายของการศึกษาภาคบังคับมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสำรวจความสามารถ ความถนัด ความสนใจของตนเองและพัฒนาบุคลิกภาพส่วนตน พัฒนาความสามารถ ทักษะพื้นฐานด้านการเรียนรู้และทักษะในการดำเนินชีวิตให้มีความสมดุลทั้งด้านความรู้ ความคิด ความสามารถ และควรเน้นการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมากขึ้น เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และรู้จักตนเองในด้านความสามารถ ความถนัดเพื่อ เตรียมตัวเข้าสู่อาชีพหรือศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2544: 10)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เน้นปฏิบัติการทดลอง เพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 4 เรื่อง จำนวน 8 บทปฏิบัติการโดยรูปแบบการทดลองของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา

ได้ทำและลงมือปฏิบัติจริง รู้จักถ่ายโยงการเรียนรู้ สะแสแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกัน ขณะปฏิบัติการทดลองได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ รู้จักรับผิดชอบงานร่วมกันซึ่งการทดลองในห้องปฏิบัติการ เป็นการนำความรู้มาพัฒนาเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้จากการปฏิบัติจริง ซึ่งการสอนแบบฝึกปฏิบัติทำให้การศึกษาเป็นการศึกษาที่สมบูรณ์ผสมผสานทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง มีการจดบันทึกและเก็บรวบรวมข้อมูลในรูปแบบการเขียนรายงานผลการทดลองอย่างเป็นระบบ สามารถจดจำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติได้ดีและนานกว่าการเรียนการสอนแบบบรรยาย ซึ่งกรณีนักเรียนที่ได้รับการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆในการเรียนสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดและแนวทางในการปฏิบัติกิจกรรมก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ เกิดทักษะและมีความกระตือรือร้นในการเรียน ส่งผลให้การเรียนดียิ่งขึ้น (ลัดดาวัลย์ กัณหาสุวรรณ. 2543 : 1-2) เป็นการสร้างความรู้สึกนึกคิด การแสดงออก และการเห็นประโยชน์ต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นไปในทางบวก เป็นการปูพื้นฐานและเตรียมความพร้อมในการศึกษาระดับสูงขึ้น สอดคล้องกับระดับของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) ที่เป็นช่วงชั้นสุดท้ายของการศึกษาภาคบังคับที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ รู้จักตนเองในด้านความสามารถ ความถนัดเพื่อเตรียมตัวเข้าสู่อาชีพหรือการศึกษาระดับสูงต่อไป ดังนั้น การเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จึงเป็นส่วนสำคัญอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างองค์ความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้อยู่ในระดับดี

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ จะได้อบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ที่ผ่านกระบวนการพัฒนาให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และมีศักยภาพในการพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ดังกล่าว เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. เป็นประโยชน์และเป็นแนวทางแก่ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร
2. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. เป็นการส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีการดำเนินการ 3 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการดังนี้

1. การยกร่างทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดำเนินการดังนี้

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ 1) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 2) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2545 และ 3) เอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ทำการศึกษาและวิเคราะห์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับการนำมาพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์โดยการสร้างให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำผลการศึกษาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 มากำหนดกิจกรรมทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 เรื่องจำนวน 8 ทบทปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วย 2 ทบทปฏิบัติการคือ ทบทปฏิบัติการที่ 1.1) เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าและทบทปฏิบัติการที่ 1.2) เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

1.2 เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วย 2 ทบทปฏิบัติการ คือ ทบทปฏิบัติการที่ 2.1) เรื่อง ความร้อนกับเปลี่ยนสถานะของสาร และ ทบทปฏิบัติการที่ 2.2) เรื่อง ละลายเร็ว-ละลายช้า

1.3 เรื่องที่ 3 ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย 2 ทบทปฏิบัติการคือ ทบทปฏิบัติการที่ 3.1) เรื่อง การทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูนและทบทปฏิบัติการที่ 3.2) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

1.4 เรื่องที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 ทบทปฏิบัติการคือ ทบทปฏิบัติการที่ 4.1) เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรดและ ทบทปฏิบัติการที่ 4.2) เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

2. การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

นำทบทปฏิบัติการที่ผ่านการวิเคราะห์จากข้อ 1 ไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและความเหมาะสมของทบทปฏิบัติการให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ แล้วพัฒนาเป็นทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียน

3. การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ มาพัฒนาเป็นทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน โดยจัดทำเป็นทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 เรื่องจำนวน 8 ทบทปฏิบัติการซึ่งแต่ละทบทมีองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ชื่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 ทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งกำหนดให้แต่ละทบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 เป็นกิจกรรมที่นักเรียนทำการทดลองตามทบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นและตอนที่ 2 นักเรียนทำการทดลองในลักษณะกิจกรรมลองคิด-ลองทำ โดยจัดแปลงอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลองที่ศึกษาแนวทางในการดัดแปลงจากบทสนทนาของตัวการ์ตูน

4. การประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเพื่อประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนต่างๆ ดังนี้ ส่วนที่ 1) ไขความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการโดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75

การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ดำเนินการดังนี้ ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน 9 คน และ 15 คนตามลำดับโดยทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อย 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่ม 9 คน เพื่อกำหนดค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 แล้วนำไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่ม 15 คนเพื่อหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์ 75/75 พร้อมให้นักเรียนทำแบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนในชั้นปีที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) ของโรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 12 ห้องเรียนมีจำนวนนักเรียนประมาณ 519 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนจำนวน 30 คนที่สุ่มจากประชากรดังกล่าวด้วยวิธีการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นปีที่ 3

2) ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนแยกเป็น

- 1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 2) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2 เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน

การวิจัยครั้งนี้ ทำการทดลองสอนนักเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 8 ครั้ง ครั้งละ 2 คาบ รวม 16 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง เอกสารที่กำหนดแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองของนักเรียนเรื่อง สารและสมบัติของสาร 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการได้แก่ เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 1.1) เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าและบทปฏิบัติการที่ 1.2) เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการที่ 2.1) เรื่อง ความร้อนกับเปลี่ยนสถานะของสาร และบทปฏิบัติการที่ 2.2) เรื่อง ละลายเร็ว-ละลายช้า เรื่องที่ 3 ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 3.1) เรื่อง การทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน และบทปฏิบัติการที่ 3.2) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก เรื่องที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 4.1) เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด และบทปฏิบัติการที่ 4.2) เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร แต่ละบทปฏิบัติการ มีองค์ประกอบดังนี้ ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการหรือแนวคิด จุดประสงค์การทดลอง วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี วิธีดำเนินการทดลอง แบบบันทึกรายงานผลการทดลอง และ คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร หมายถึง การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และประเมินคุณภาพในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3 ส่วนดังนี้ส่วนที่ 1) ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3) เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3. ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลการทดลองสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร กับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนที่มีความสามารถแตกต่างกันคือ เก่ง ปานกลาง อ่อน โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบท กับคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการโดยคิดเป็นร้อยละตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดคือ 75/75

ตัวเลข 75 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละที่ได้จากการนำคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทปฏิบัติการ

ตัวเลข 75 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละที่ได้จากการนำคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนจำนวน 40 ข้อเมื่อเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ

4. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่เรียนตามเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้านคือ

1) ความรู้-ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ(4 ตัวเลือก) จำนวน 40 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน

5. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทำการทดลองที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ซึ่งมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้านคือ 1) ด้านการวางแผนการทดลอง 2) ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น เทคนิคการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ และ 3) ด้านการจัดทำรายงานการทดลอง ประเมินผลโดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ 5 4 3 2 และ 1 แยกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 แบบประเมินขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลองครูผู้สอนและตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นผู้ประเมิน และส่วนที่ 2 แบบประเมินการเขียนรายงานผลการทดลองหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการประเมินโดยผู้วิจัย

6. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็นและความรู้สึกของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ในเชิงนิมิตและเชิงนิเสธที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยพฤติกรรม 2 ด้านได้แก่ด้านที่ 1) ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2) การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ ส่วนที่ 2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประเมินผลโดยใช้แบบวัดเจตคติชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ

7. คุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลการประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ จากการประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ 3 ส่วนคือส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ 5 4 3 2 และ 1

8. สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง กลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ ที่กำหนดตามหลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ประกอบด้วย 8 สาระย่อยคือ สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับการดำรงชีวิต สาระที่ 2 : สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 : พลังงาน สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ และสาระที่ 8 : ธรรมชาติวิทยาและเทคโนโลยี ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาสาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร ประกอบด้วย เนื้อหาเรื่อง ธาตุและสารประกอบ การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ปฏิริยาเคมี และปฏิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม

9. นักเรียนช่วงชั้นที่ 3 หมายถึง นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ที่เป็นประชากรในการวิจัย

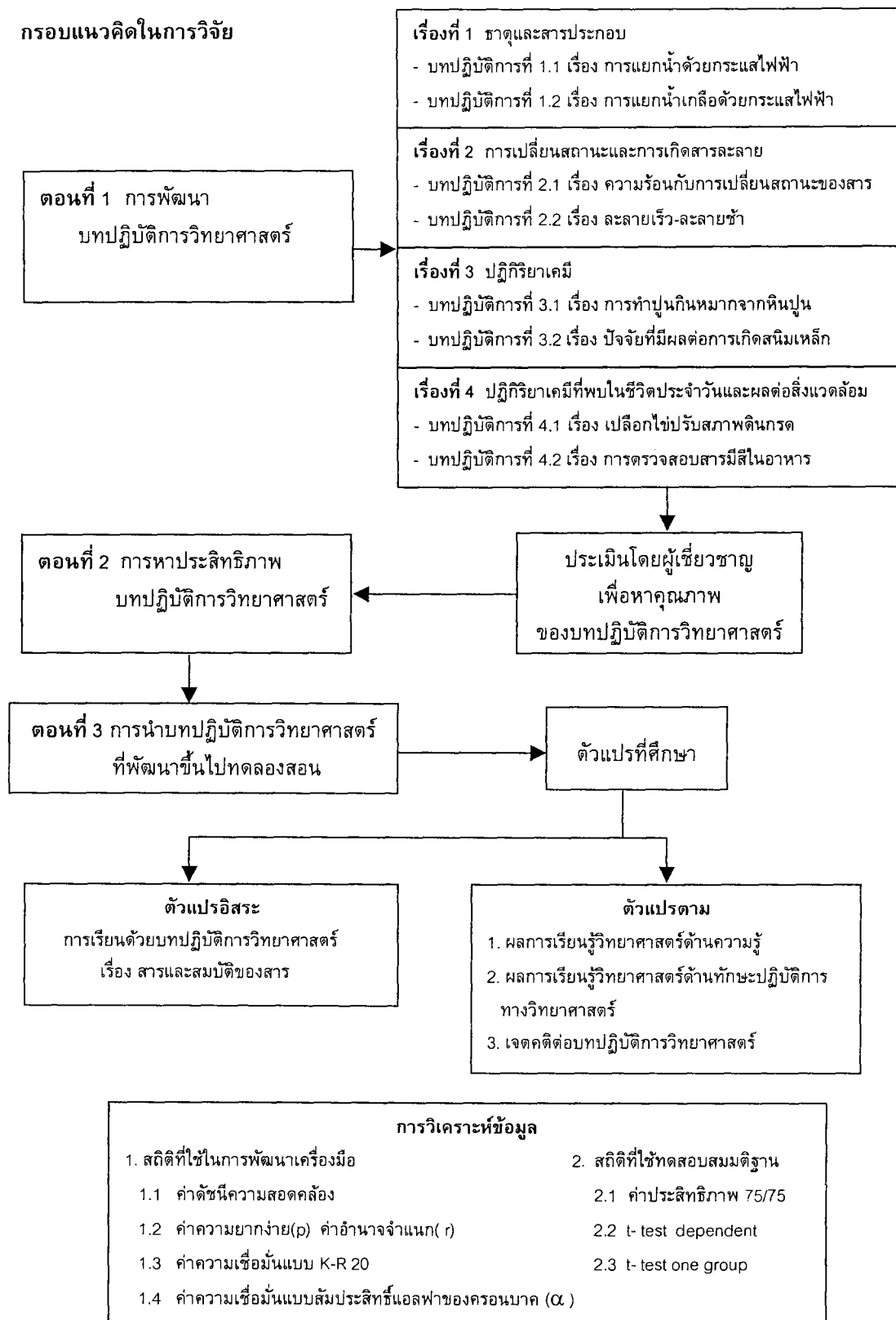
สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 - 2.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
 - 2.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี (มีค่าร้อยละ = 70)
3. นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี
4. นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอในหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับสารและสมบัติของสาร
 - 1.1 ความหมายของสารและสมบัติของสาร
 - 1.2 ธาตุและสารประกอบ
 - 1.3 การเปลี่ยนแปลงสถานะและการเกิดสารละลาย
 - 1.4 ปฏิกิริยาเคมี
 - 1.5 ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม
2. สาระสำคัญของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544
3. เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
4. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
5. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
6. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
7. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 - 8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
 - 8.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. เอกสารเกี่ยวกับสารและสมบัติของสาร

สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับสารและสมบัติของสาร ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจาก ผลงานการศึกษาของนักวิชาการดังนี้ ทบวงมหาวิทยาลัย (2541 : 7- 268) กฤษณา ชูติมา (2540 : 3-399) โสภณ ชัยรัตน์อุดมกุล (2523 : 15-39) สันตัต ศิริอนันต์ไพบุลย์และชนิษฐา ชัยรัตน์าวรรณ (2542 : 15) สุรชาติพิทย์ ศิริไพศาลพิพัฒน์ (2541 : 183-200) รวมทั้งเอกสารและแบบเรียนที่เกี่ยวกับวิชาเคมี โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1.1 ความหมายของสารและสมบัติของสาร

สสาร (Matter) คือสิ่งที่ต้องการที่อยู่และมีมวล (Mass) อยู่ทั่วไปรอบตัวเรา มีมากมายหลาย ชนิดพบได้ทั้งในเปลือกโลกส่วนที่เป็นของแข็ง ในแม่น้ำ ลำคลอง มหาสมุทร และในอากาศ สสารทั้งหลาย ล้วนมีลักษณะสองประการคือ มีมวลและครอบครองที่ว่าง การครอบครองที่ว่างทำให้สสารมีปริมาตร ซึ่ง ปริมาตรนี้อาจคงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งมวลและปริมาตรเป็นสมบัติของสสาร สสารที่พิจารณาจากเนื้อ ของสาร อาจเรียกว่า สาร(Substance) ซึ่งจำแนกออกเป็นสารเนื้อเดียว(Homogeneous substance) และสาร เนื้อผสม(Heterogeneous substance) ตัวอย่างของสาร เช่น

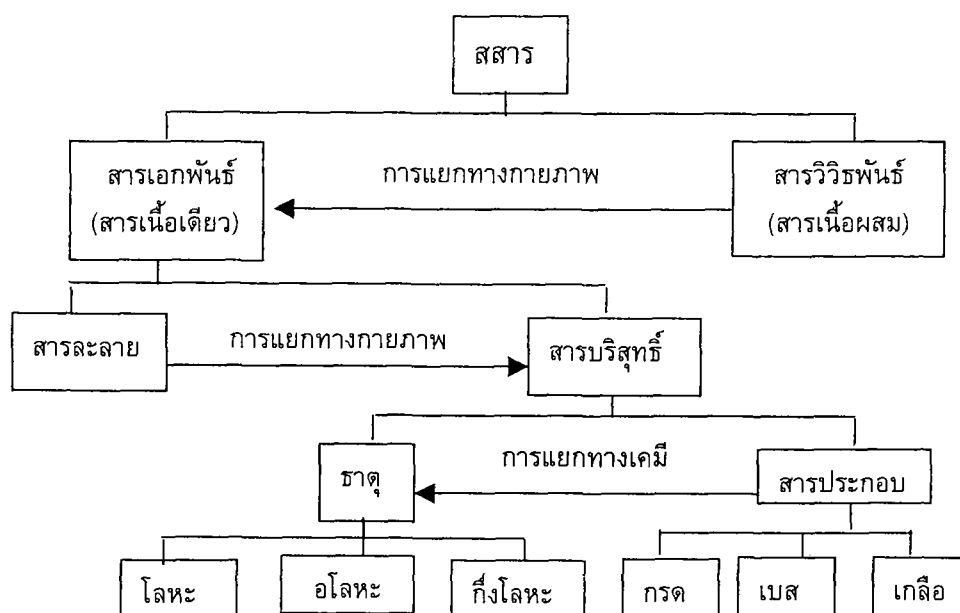
สารจำพวกของแข็ง ได้แก่ น้ำตาลทราย เกลือ ถ่าน สารส้ม เทียนไข สังกะสี ทองแดง ฯลฯ

สารจำพวกของเหลว ได้แก่ น้ำ น้ำเชื่อม น้ำส้มสายชู แอลกอฮอล์ น้ำปูนใส กรดเกลือ ฯลฯ

สารจำพวกก๊าซ ได้แก่ อากาศ ออกซิเจน ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ

การจัดแบ่งประเภทของสสารโดยใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์ ดังแผนผังจากภาพประกอบ 1

(ทบวงมหาวิทยาลัย. 2542 : 8) ต่อไปนี้



ฯลฯ

ภาพประกอบ 1 แผนผังแสดงการจัดแบ่งประเภทของสสาร

สารแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างจากสารอื่น แต่อาจมีสมบัติบางอย่างที่คล้ายคลึงกันได้

สมบัติของสาร หมายถึง ลักษณะประจำตัวของสารแต่ละชนิดซึ่งแตกต่างจากสารอื่น เช่น ทองแดง นำไฟฟ้าได้ แต่พลาสติกนำไฟฟ้าไม่ได้ ออกซิเจนอยู่ในสถานะก๊าซที่อุณหภูมิและความดันปกติ แต่น้ำเป็นของเหลว น้ำส้มสายชูมีรสเปรี้ยวแต่น้ำเชื่อมมีรสหวาน เป็นต้น

สมบัติของสารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สมบัติทางกายภาพ(Physical properties) หมายถึง ลักษณะภายนอกของสารที่สามารถสังเกตได้จากภายนอกหรือทราบได้จากการทดลองง่าย ๆ ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัวของสาร เช่น สี กลิ่น รส จุดเดือด จุดหลอมเหลว ความแข็ง การนำไฟฟ้า ความหนาแน่น ฯลฯ ซึ่งสมบัติเหล่านี้ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารให้เป็นสารอื่น เช่น ตัวอย่างสมบัติทางกายภาพของคลอรีน น้ำ น้ำตาล และกรดอะซิติก ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างสมบัติทางกายภาพของสาร

สาร	สี	รส	สถานะทางกายภาพ	จุดเดือด($^{\circ}\text{C}$)	จุดหลอมเหลว($^{\circ}\text{C}$)
คลอรีน	เขียวออกเหลือง	ออกเปรี้ยว	แก๊ส	-34.6	-101.6
น้ำ	ไม่มีสี	ไม่มีรส	ของเหลว	100.0	0.0
น้ำตาล	ขาว	หวาน	ของแข็ง	ละลายตัวที่ 170 -186	-
กรดอะซิติก	ไม่มีสี	เปรี้ยว	ของเหลว	118.0	-16.7

ที่มา : สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์และชนิษฐา ชัยรัตนวรรณ. (2542) เคมีวิทยาศาสตร์ : 14

2. สมบัติทางเคมี(Chemical properties) เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารที่วัดและทดสอบได้เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอื่นเพียงหนึ่งสาร หรือมากกว่าหนึ่งสาร ที่มีองค์ประกอบโครงสร้างและสมบัติที่แตกต่างไปจากเดิมการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้เรียกว่า ปฏิกิริยาเคมี(Chemical reaction)

การเปลี่ยนแปลงของสาร

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเปลี่ยนสมบัติหนึ่งอย่างหรือหลายอย่าง โดยที่องค์ประกอบหรือรูปพรรณของสารไม่ได้เปลี่ยนแปลง และสมบัติทางกายภาพสามารถวัด วิเคราะห์ได้จากการทดลองหรือได้จากการสังเกตแต่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารนั้นได้ เช่น สามารถวัดเพื่อหาจุดเดือดของน้ำแข็งจากการนำเอาก้อนน้ำแข็งไปให้ความร้อนโดยการต้มและบันทึกอุณหภูมิของการ

เปลี่ยนแปลงที่น้ำแข็งกลายเป็นน้ำ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เป็น การเปลี่ยนแปลงสถานะของของแข็งเป็นของเหลว แต่องค์ประกอบของน้ำไม่ได้เปลี่ยนแปลงซึ่งยังคงเป็นไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน

1 อะตอม ดังเดิม หรือใส่หลอดไฟฟ้าที่ทำด้วยทั้งสแตนจะกลายเป็นสีขาวและมีความร้อนเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวด แต่ยังคงเป็นทั้งสแตน ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เพราะเส้นลวดทั้งสแตนไม่ได้เปลี่ยนไปเป็นสารอื่นในระหว่างที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเปลี่ยนสารเดิมไปเป็นสารชนิดใหม่

องค์ประกอบต่างไปจากเดิมและมีสมบัติใหม่ เช่นเมื่อเผาถ่านไม้จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สังกะสีเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกได้ก๊าซไฮโดรเจน การเผาไหม้ของก๊าซไฮโดรเจน(H_2) กับก๊าซออกซิเจน(O_2) ได้โมเลกุลของน้ำ(H_2O) หรือการเผาแคลเซียมคาร์บอเนต($CaCO_3$) จะได้แคลเซียมออกไซด์(CaO) กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ฯลฯ หรือการเกิดสนิมของเหล็กให้ผลออกมาเป็นสนิมซึ่งมีองค์ประกอบและสมบัติแตกต่างไปจากเดิม การเผาไหม้น้ำมันเบนซินในเครื่องยนต์ การเตรียมด่างโดยการเคี่ยวน้ำตาล ฯลฯ ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานซึ่งอาจมีการให้หรือรับพลังงาน เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ข้อแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงข้อแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ	การเปลี่ยนแปลงทางเคมี
1. ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางเคมี	1. เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางเคมี
2. ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น	2. มีสารใหม่เกิดขึ้น
3. สมบัติทางเคมีและองค์ประกอบทางเคมีเหมือนเดิม	3. สมบัติทางเคมีและองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป
4. รูปร่างและลักษณะทั่วไปอาจมีการเปลี่ยนแปลง	4. รูปร่างและลักษณะทั่วไปอาจเปลี่ยนแปลงได้
5. การเปลี่ยนแปลงเป็นแบบชั่วคราวจะให้กลับสู่สภาพเดิมได้ง่าย	5. การเปลี่ยนแปลงเป็นแบบถาวรจะให้กลับสู่สภาพเดิมได้ยาก
6. ไม่มีความร้อนเกิดขึ้น ส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงสถานะเท่านั้น	6. มีความร้อนเกิดขึ้นจากปฏิกิริยา
7. การเปลี่ยนแปลงไม่ได้เกิดจากอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุ	7. เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมของธาตุ

ที่มา : สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์และชนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ. (2542) เคมีวิทยาศาสตร์ : 15

1.2 ธาตุและสารประกอบ

ธาตุ(Element) คือ สารเอกพันธ์(สารบริสุทธิ์)เนื้อเดียวล้วนไม่สามารถแยกต่อไปเป็นสารอื่นได้อีกด้วยวิธีเคมีธรรมดา ธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอมที่เหมือนกัน หน่วยที่เล็กที่สุดของธาตุที่ยังคงรักษาสสมบัติของธาตุไว้ได้ คือ อะตอมและเป็นหน่วยที่เข้าทำปฏิกิริยาเคมี ธาตุที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบแล้วในปัจจุบันมีมากกว่า 110 ธาตุ ในจำนวนนี้ส่วนหนึ่งเป็นธาตุที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติเรียกว่า ธาตุธรรมชาติ อีกส่วนหนึ่งเป็นธาตุที่นักวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์ขึ้นเรียกว่า ธาตุประดิษฐ์ ธาตุแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่คือ โลหะ(Metals)และ อโลหะ(Non-metals) ซึ่งมีสมบัติต่างกัน ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงสมบัติของธาตุจำพวกโลหะและอโลหะ

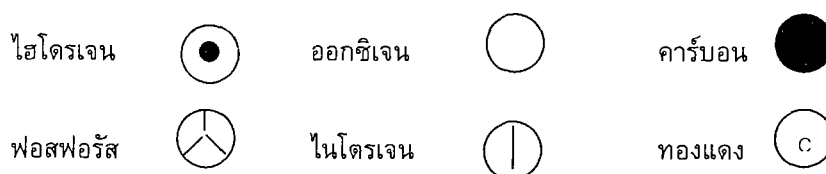
โลหะ (Metals)	อโลหะ (Non-metals)
1. ส่วนมากอยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น เหล็ก ทองแดง เงิน ฯลฯ ยกเว้นปรอท เป็นของเหลว ณ อุณหภูมิปกติ 2. ขัดเป็นเงาและสะท้อนแสงได้ 3. ส่วนมากมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง 4. นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นโลหะจะนำไฟฟ้าได้น้อยลง 5. ส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูง (แต่ โลหะบางชนิด เช่น Na มีจุดหลอมเหลวต่ำและความหนาแน่นต่ำ) 6. เหนียวดึงเป็นเส้นหรือตีแผ่เป็นแผ่นได้ และบางชนิดมีกำลังต้านทานการดึงสูง 7. เคาะเสียงดังกังวาน 8. มีแนวโน้มที่จะเสียอิเล็กตรอนเมื่อรวมตัวกับ อโลหะ 9. ไม่รวมกันเองเป็นสารประกอบแต่จะรวมกับอโลหะ เช่น คลอรีน ออกซิเจน กำมะถันได้เป็นโลหะ คลอไรด์ โลหะออกไซด์ และโลหะซัลไฟด์ตามลำดับ	1. มีทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ณ อุณหภูมิปกติ 2. ขัดให้เป็นเงาสะท้อนแสงได้น้อยมาก 3. ส่วนมากมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ 4. เป็นฉนวนไม่นำไฟฟ้า ยกเว้นแกรไฟต์ 5. มีจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นต่ำ 6. เปราะดึงเป็นเส้นหรือตีแผ่เป็นแผ่นไม่ได้ เช่น กำมะถัน 7. เคาะไม่มีเสียงดังกังวาน 8. อโลหะจะรวมตัวกันเองเกิดเป็นสารประกอบได้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 9. เมื่อรวมตัวกับก๊าซออกซิเจนจะได้สารประกอบออกไซด์ที่ละลายน้ำแล้วมีสมบัติเป็นกรด (เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นแดง)

สำหรับธาตุที่เป็นกึ่งโลหะหรือเมทัลลอยด์ จะมีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะและอโลหะ เช่น นำไฟฟ้าได้เล็กน้อยที่ภาวะปกติ เมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้สารประกอบออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นได้ทั้งกรดและเบส มีจำนวน 8 ธาตุ ได้แก่ ธาตุโบรอน(B) ธาตุซิลิกอน(Si) ธาตุเจอร์เมเนียม(Ge) สารหนู(Arsenic : As) พลวง(Antimony : Sb) ธาตุเทลลูเรียม(Te) ธาตุพอลเนียม(Po) ธาตุแอสทาทีน(At)

ธาตุประกอบด้วยอะตอม

นักปราชญ์ชาวกรีก ดีโมเครตัส(Democritus. 466-370 ก่อนคริสตกาล) ได้กล่าวว่า สารประกอบด้วยอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดที่แบ่งต่อไปอีกไม่ได้ ซึ่งเรียกอนุภาคเหล่านั้นว่า อะตอม(Atom) ซึ่งมาจากภาษากรีกแปลว่า แบ่งไม่ได้ อะตอมประกอบด้วยส่วนที่เป็นแก่นกลางเรียกว่า นิวเคลียส(Nucleus) ซึ่งประกอบด้วยโปรตอน(Proton) และนิวตรอน(Neutron) ส่วนบริเวณรอบนอกของนิวเคลียสเป็นที่อยู่ของอิเล็กตรอน(Electron) จนกระทั่งต้นศตวรรษที่ 19 ใน ค.ศ.1804 จอห์น ดอลตัน (John Dalton) ได้รวบรวมเรื่องราวของอะตอมขึ้นเป็นทฤษฎีอะตอม(Atommic Theory) นับว่าเป็นทฤษฎีแรกที่ทำให้เข้าใจอะตอมและใช้อธิบายเรื่องราวบางอย่างได้ง่ายทฤษฎีอะตอม ของดอลตัน เป็นทำนองสมมติฐานสรุปได้ดังนี้

1. สารประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุดเรียกว่าอะตอม ซึ่งแบ่งออกไปหรือสร้างขึ้นใหม่ หรือทำลายให้สูญไปไม่ได้
 2. อะตอมมีหลายชนิดตามแต่ชนิดของธาตุ อะตอมของธาตุเดียวกัน เหมือนกันทั้งสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี ตลอดจนมวล
 3. สารประกอบได้จากการรวมกันทางเคมีระหว่างอะตอมของธาตุสองชนิด หรือมากกว่าสองชนิด โดยที่มีจำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดเป็นจำนวนแน่นอนในสารประกอบนั้น
- สัญลักษณ์ของธาตุ
- ในปี ค.ศ. 1804 (พ.ศ.2346) จอห์น ดอลตัน นักเคมีชาวอังกฤษ เป็นคนแรกที่ได้เสนอให้ใช้สัญลักษณ์ของธาตุโดยใช้รูปภาพเป็นสัญลักษณ์ของธาตุ ดังภาพประกอบ 2 (สันทัด สิริอนันต์ไพบูลย์และชนินฐา ชัยรัตนาวรรณ. 2542 : 11-12)



ภาพประกอบ 2 แสดงสัญลักษณ์ของธาตุโดยใช้รูปภาพ

สัญลักษณ์ของธาตุของดอลตัน ปัจจุบันนี้เลิกใช้ เพราะไม่สะดวกที่เขียนภาพแทนธาตุจำนวนมาก (ในสมัย ดอลตันนิยมใช้เพราะพบธาตุเพียงไม่กี่ธาตุ) ในปี ค.ศ. 1818 (พ.ศ. 2361) โจนส์ จาคอบ เบร์ซีเลียส (Berzelius) นักเคมีชาวสวีเดนได้คิดระบบสัญลักษณ์ขึ้นใหม่เป็นตัวอักษรแทนชื่อธาตุ และเป็นที่นิยมจนถึงปัจจุบัน

การเขียนสัญลักษณ์ของธาตุ

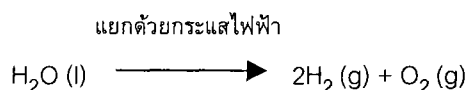
1. ให้ใช้อักษรตัวแรกในชื่อภาษาอังกฤษ หรือภาษาละตินเพียงตัวเดียวเป็นสัญลักษณ์
2. เขียนด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่
3. ถ้าตัวอักษรตัวแรกซ้ำกัน ให้เพิ่มตัวอักษรตัวที่สอง ถ้าตัวอักษรตัวที่สองยังซ้ำกันให้เปลี่ยนไปใช้อักษรตัวถัดไปตัวใดตัวหนึ่งและเขียนด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็ก ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงตัวอย่างการใช้ตัวอักษรแทนสัญลักษณ์ของธาตุ

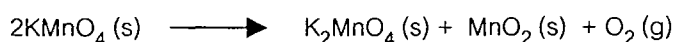
ชื่อธาตุ	สัญลักษณ์	ชื่อธาตุ	สัญลักษณ์
ไฮโดรเจน	H	เบริลเลียม	Be
โบรอน	B	ฮีเลียม	He
คาร์บอน	C	ลิเทียม	Li
ไนโตรเจน	N	ซิลิกอน	Si
ออกซิเจน	O	ฟอสฟอรัส	P
กำมะถัน	S	ฟลูออรีน	F
นีออน	Ne	คลอรีน	Cl
โซเดียม	Na	อาร์กอน	Ar
แมกนีเซียม	Mg	โพแทสเซียม	K
อะลูมิเนียม	Al	แคลเซียม	Ca

ที่มา : สันทัด สิริอนันต์ไพบูลย์และชนินฐา ชัยรัตนาวรรณ. (2542) เคมีวิทยาศาสตร์ : 11-12

สารประกอบ(Compound) หมายถึง สารบริสุทธิ์เนื้อเดียวล้วน และเป็นสารเอกพันธ์เกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปโดยปฏิกิริยาเคมีและต้องเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่(Law of Definite Composition of Compounds) ซึ่งมีใจความว่า อัตราส่วนของมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบหนึ่งๆจะต้องคงที่ไม่ว่าจะเตรียมสารประกอบนั้นกี่ครั้งหรือโดยวิธีการอย่างไรก็ตาม เช่น น้ำ(H₂O) ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน(H) และธาตุออกซิเจน(O) โดยมีอัตราส่วนของ H : O = 1 : 8 โดยมวลเสมอ (หรือ 2 : 1 โดยอะตอมเสมอ) และสารประกอบสามารถแยกสลายให้เป็นสารใหม่หรือกลับเป็นธาตุเดิมด้วยวิธีทางเคมี เช่น น้ำ(H₂O)ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดหนึ่งเมื่อแยกด้วยกระแสไฟฟ้าจะได้ก๊าซไฮโดรเจน(H₂) และก๊าซออกซิเจน(O₂) ในอัตราส่วนปริมาตร 2 : 1



โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตหรือต่างทับทิม(KMnO_4) ซึ่งเป็นของแข็งสีม่วงเมื่อนำไปเผาละลายตัวให้สารใหม่ 3 ชนิด คือ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต(K_2MnO_4) เป็นของแข็งสีเขียว แมงกานีส (IV) ออกไซด์(MnO_2) เป็นของแข็งสีดำ และก๊าซออกซิเจน(O_2)



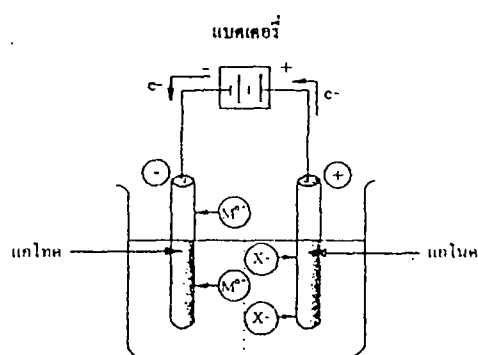
หมายเหตุ s = solid (ของแข็ง) g = gas (ก๊าซ) l = liquid (ของเหลว)

ในทางเคมีนิยมเขียนสารประกอบในรูปสูตรเคมี และมีการจัดระเบียบการเรียกชื่อเป็นระบบต่างๆ เช่น สารประกอบ น้ำและกรดซัลฟิวริก เขียนเป็นสูตรเคมี H_2O , H_2SO_4 ตามลำดับ

สูตรโมเลกุล คือ สูตรซึ่งแสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่มีอยู่ในหนึ่งโมเลกุลของธาตุหรือสารประกอบ เช่น ไฮโดรเจนหนึ่งโมเลกุล มีสองอะตอม สูตรโมเลกุล คือ H_2 กำมะถันหนึ่งโมเลกุลมีแปดอะตอม สูตรโมเลกุล คือ S_8 หรือมีเทนหนึ่งโมเลกุลมีคาร์บอนหนึ่งอะตอมและไฮโดรเจนสี่อะตอม สูตรโมเลกุลคือ CH_4 สูตรเคมีของสารประกอบหรือธาตุ จึงเป็นการระบุให้ทราบว่าสารหนึ่งโมเลกุลประกอบด้วยธาตุกี่ชนิด อย่างละกี่อะตอม

อิเล็กโทรลิซิส(Electrolysis)

เซลล์ไฟฟ้าเคมีแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ชนิดที่หนึ่งคือ เซลล์กัลวานิก(Galvanic cells) ชนิดที่สองคือ เซลล์อิเล็กโทรลิติก(Electrolytic cell) เซลล์อิเล็กโทรลิติกเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองไม่ได้ ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอกเซลล์มาทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น การแยกสลายทางเคมีโดยอาศัยแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก เรียกว่า อิเล็กโทรลิซิสหรือการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ดังภาพประกอบ 3 (สุรชาติพิศ ศิริไพศาลพิพัฒน์. 2541 : 184)



ภาพประกอบ 3 แสดงเซลล์อิเล็กโทรลิติก

การแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrolysis)

หลักการการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นปฏิกิริยาเคมีในสารละลายที่เกิดจากการให้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นเองเหมือนปฏิกิริยาอื่นๆ แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเคมีหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้นมาในสารละลายนั่นเอง ปฏิกิริยาเคมีนี้

ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ ไมเคิล ฟาราเดย์ (Micheal Faraday) ปี ค.ศ. 1833 โดยค้นพบว่าเมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงจำนวนหนึ่งลงไปในสารละลายเกลือ ปรากฏว่า มีโลหะบริสุทธิ์เกิดขึ้น

จากการศึกษาของฟาราเดย์ และนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นๆ พบว่า เซลล์อิเล็กโทรไลต์ มีองค์ประกอบ ดังนี้

1) ต้องมีอิเล็กโทรด(Electrode) หรือขั้วไฟฟ้า จุ่มในสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ คือต้องมี ขั้วแอโนด และขั้วแคโทด มีหลักการที่สำคัญคือ ขั้วแอโนดต้องต่ออยู่กับขั้วไฟฟ้าบวก ของแหล่งจ่ายไฟตรงเพื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีไอออนลบในสารละลายวิ่งมาจ่ายอิเล็กตรอนให้กับขั้วแอโนดนี้ ส่วนขั้วแคโทดต้องต่ออยู่กับขั้วไฟฟ้าลบ ของแหล่งจ่ายไฟตรงเพื่อเกิดปฏิกิริยารีดักชัน โดยมีไอออนบวกวิ่งมารับอิเล็กตรอนที่ขั้วแคโทด

2) ต้องมีสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ เช่น สารละลายของกรด สารละลายของเบส หรือสารละลายของเกลือ ฯลฯ ซึ่งเรียกสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ ว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ สารละลายที่นำไฟฟ้าได้เหล่านี้จะแตกตัวให้อิออนบวกและไอออนลบออกมา ไอออนทั้ง 2 ชนิดจะทำหน้าที่เป็นสื่อนำไฟฟ้าในสารละลายดังกล่าว ดังนี้

2.1 สารละลายของกรดมีการแตกตัวเป็นไอออนตามสมการ



2.2 สารละลายของเบส (โซดาไฟ) มีการแตกตัวเป็นไอออนตามสมการ



2.3 สารละลายเกลือ(สมบัติเป็นกลาง) มีการแตกตัวเป็นไอออนตามสมการ



3) ต้องมีแหล่งจ่ายไฟตรง เพื่อทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยยึดหลักการคือ ขั้วไฟฟ้าลบต้องต่ออยู่กับอิเล็กโทรดที่เป็นขั้วแคโทด และขั้วไฟฟ้าบวกต้องต่ออยู่กับอิเล็กโทรดที่เป็นขั้วแอโนด ขั้วไฟฟ้าหรืออิเล็กโทรดส่วนใหญ่ทำจากโลหะซึ่งแต่ละชนิดต่างก็มีความสามารถในการให้หรือรับอิเล็กตรอนได้ต่างกัน อิเล็กโทรดแบบเฉื่อยเป็นอิเล็กโทรดที่ไม่มีส่วนในการทำปฏิกิริยา แต่ทำหน้าที่เป็นเพียงสะพานให้อิเล็กตรอนผ่านเท่านั้น เช่น กรณีอิเล็กโทรดลิธของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ใช้อิเล็กโทรดที่เป็น แพลทินัม หรือแท่งคาร์บอนซึ่งทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนผ่านจากแบตเตอรี่ไปยังไอออนในสารละลาย และอีกนัยหนึ่งรับอิเล็กตรอนจากสารละลายให้ผ่านไปยังแบตเตอรี่เท่านั้น

อิเล็กโทรดบางชนิด มีส่วนในการทำปฏิกิริยาด้วย เช่น เหล็ก ทองแดง เงิน ฯลฯ ซึ่งใช้ในการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า โดยที่ขั้วแอโนดจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และที่ขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน

ประโยชน์ของอิเล็กโทรลิซิส

การแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กโทรลิซิส มีประโยชน์มากในทางอุตสาหกรรม สามารถประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตโลหะต่างๆ เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม และโซเดียม การผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์ คลอรีน และการผลิตโซเดียมไฮโปคลอไรด์ นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้กับการเคลือบโลหะและการทำโลหะให้บริสุทธิ์

ธาตุและสารประกอบในธรรมชาติ

ในธรรมชาติพบธาตุและสารประกอบทั้งที่เป็นเปลือกโลกในส่วนที่เป็นของแข็ง พบในน้ำ เช่น แม่น้ำ มหาสมุทร และพบในบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก ธาตุและสารประกอบที่พบในธรรมชาติอาจพบในรูปของธาตุ สารประกอบ(สารบริสุทธิ์)หรือสารเนื้อผสมก็ได้ ธาตุบางชนิดพบในธรรมชาติทั้งในรูปของธาตุอิสระและในสารประกอบบางชนิดพบเฉพาะในรูปของธาตุอิสระและบางชนิดพบเฉพาะในสารประกอบ เช่น ธาตุออกซิเจนพบทั้งในสภาพอิสระในรูปของก๊าซออกซิเจน(O_2)อยู่ในอากาศและในสารประกอบ เช่น น้ำ (H_2O) ก๊าซฮีเลียม(He) พบเฉพาะในรูปของธาตุอิสระในอากาศ ธาตุโซเดียม(Na) พบเฉพาะในสารประกอบ ฯลฯ ในธรรมชาติมีธาตุแต่ละชนิดไม่เท่ากันธาตุที่มีมากที่สุดคือ ธาตุออกซิเจน คือประมาณร้อยละ 49.20 โดยมวล ซึ่งปรากฏอยู่ทั้งในรูปของธาตุอิสระ คือก๊าซออกซิเจน(O_2)ในสารประกอบเช่น น้ำ(H_2O) หิน ททราย แร่ และสารอินทรีย์ต่าง ๆ (เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน ฯลฯ) รองลงมาคือ ธาตุซิลิกอนพบร้อยละ 25.67 โดยมวล อะลูมิเนียมร้อยละ 7.50 โดยมวล

เกลือแกง

คำว่า "เกลือ" ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาเคมีครอบคลุมไปถึงสารประกอบกลุ่มหนึ่ง เช่น เกลือธรรมดา($NaCl$) เกลือยิบ($CaSO_4$) ดีเกลือผง($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ฯลฯ และนิยามได้ดังนี้ (ประดิษฐ์ เชี่ยวสกุล. 2540 : 371-376)

เกลือเป็นสารผลึกที่ประกอบด้วยไอออนบวกของเบส (เช่น H_2O , NH_3 , OH^- และ SO_4^{2-}) และไอออนบวกของกรด(เช่น H_2O , HCl , NH_4^+ และ HSO_4^-) ขณะที่สารประเภทนี้อยู่ในสภาพผลึก ไอออนทั้งบวกและลบในผลึกจะถูกตรึงไว้อยู่ใกล้ชิดกัน เมื่อทำสารดังกล่าวให้หลอมตัวหรือละลายในน้ำไอออนทั้งบวกและลบจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ สารประเภทนี้จึงเป็นสื่อไฟฟ้า(Electrolyte) ได้ดีมาก เกลือที่รู้จักโดยทั่วไปและรับประทานในอาหารประจำวันเป็นเกลืออย่างหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งเรียกชื่อต่าง ๆ กันไป เช่น เกลือธรรมดา (Common salt) เกลือแกง(Kitchen salt) เกลือโต๊ะ(Table salt) เกลือทะเล(Sea salt) เกลือสมุทร(Marine salt) เกลือสินเธาว์, เกลือหิน(Rock salt) หรือเฮไลต์(Halite ซึ่งเป็นชื่อทางทรัพยากรธรณี)ที่ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์(Sodium chloride) ซึ่งเป็นชื่อทางเคมีและมีสูตร $NaCl$ ในปริมาณต่าง ๆ กัน

การผลิตเกลือ แหล่งกำเนิดของเกลือทะเล ทะเลสาบน้ำเค็ม บ่อน้ำเกลือ เกลือที่ผลิตได้ใช้ชื่อตามแหล่งกำเนิดของเกลือและมีอัตราส่วนของโซเดียมคลอไรด์สูงหรือต่ำแล้วแต่คุณภาพของน้ำเกลือ ดัง เช่น

1) เกลือทะเลหรือเกลือสมุทร ความเข้มข้นของสารที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลส่วนใหญ่นั้นแตกต่างกัน ซึ่งน้ำทะเลมีธาตุสำคัญเหมาะแก่การผลิตทางอุตสาหกรรมประมาณ 6 ธาตุได้แก่

ธาตุ	รูปลักษณะทางเคมี
1. คลอรีน(Chlorine)	Cl^-
2. โซเดียม(Sodium)	Na^+
3. แมกนีเซียม(Magnesium)	Mg^{2+}
4. โพแทสเซียม(Potassium)	K^+
5. โบรมีน(Bromine)	Br^-

6. โบรอน(Boron)



2) เกลีสินเซวาร์ ปริมาณสิ่งเจือปนที่แตกต่างกันทำให้เกลีสินเซวาร์ต่างจากเกลีสินแต่มีองค์ประกอบของสารโซเดียมคลอไรด์เป็นส่วนใหญ่เหมือนเกลือธรรมชาติ เกลีสินเซวาร์ผลิตได้ด้วยการต้มหรือตากน้ำเกลือ

3) เกลือหิน มีอยู่กระจายทั่วโลก จากรายงานของกรมทรัพยากรธรณีปรากฏว่าภาคอีสานของประเทศไทยมีขุมเกลือหิน 2 ขุม คือ ขุมโคราช และขุมสกลนคร ซึ่งเกลือหินในภาคอีสานมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูงถึงร้อยละ 97 เนื่องจากเกลือหินมีความบริสุทธิ์มากและสารแมกนีเซียมเจือปนน้อย จึงเก็บไว้ได้นานโดยไม่ขึ้นง่ายและไม่เปลี่ยนสภาพเร็ว

สมบัติของเกลือ

เกลือบริสุทธิ์หรือโซเดียมคลอไรด์มีรูปลักษณะเป็นผลึกใส ขนาดใหญ่ ไม่มีสี ขนาดเล็กเป็นผงสีขาว ความถ่วงจำเพาะ($20^{\circ}/4^{\circ}$) 2.164 ความแข็ง 2.5 ดัชนีหักเห 1.544 จุดหลอมเหลว 801°C จุดเดือด 1413°C ดูดความชื้นจากอากาศบ้างเล็กน้อยละลายได้ 35.7 กรัมในน้ำ 100 กรัมที่ 0°C , 36.3 กรัมที่ 30°C และ 39.8 กรัมที่ 100°C สารละลายของเกลือมีปฏิกิริยาเป็นกลาง และเมื่อละลายเกลือในน้ำอุณหภูมิของน้ำจะลดลง

ประโยชน์ของเกลือ

นอกจากใช้ประกอบอาหารแล้ว ยังมีประโยชน์ในการผลิตเคมีภัณฑ์ต่อไปนี้ โซดาไฟ (Caustic soda) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์(Sodium hydroxide) โซดาแอช(Soda ash)หรือโซเดียมคาร์บอเนต(Sodium carbonate) กรดไฮโดรคลอริก คลอรีน โลหะโซเดียม การทำเคลือบสำหรับเครื่องปั้นดินเผา การเก็บรักษาหนังสือ การถนอมอาหาร การแยกสับออกจากน้ำสบู่หรือการแยกสี(dyestuffs) ออกจากน้ำสี(Salting out) ในกรรมวิธีผลิตวัตถุเหล่านี้ ได้แก่ การทำน้ำใช้ในบ้านให้อ่อน การชะล้างเรซินสำหรับแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange resin) เช่น สารในไส้กรองน้ำให้ใช้ได้ใหม่ การปรุงแต่งรสอาหาร การใช้ในสารละลาย บ้วนปาก การใช้เป็นยา คือ ให้รับประทานกับน้ำดื่มหรือฉีดในลักษณะเป็นน้ำเกลือเข้าเส้นเลือดเพื่อทดแทนเกลือที่สูญเสียไปเมื่อเหงื่อออกมากในเวลาย่างานหนักหรือ ท้องเสียอย่างรุนแรง

เกลือที่ผลิตได้ทั่วโลก แต่ละปีถูกนำมาใช้ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

อุตสาหกรรมเคมี	ประมาณ 35 %
การผลิตโซดาไฟและคลอรีน	ประมาณ 25 %
การผลิตโซดาแอช	ประมาณ 17%
การผลิตสารเคมีอื่นๆ	ประมาณ 5%
การใช้เป็นอาหาร	ประมาณ 3%
การจัดน้ำแข็งและหิมะ	ประมาณ 14%

1.3 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย**การเปลี่ยนสถานะของสาร**

สถานะ หมายถึง สภาวะ หรือภาวะของสารในขณะหนึ่ง สารสามารถอยู่ได้ 3 สถานะด้วยกัน

ดังนี้

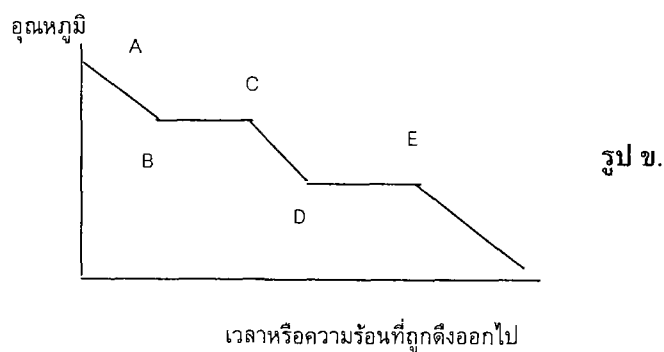
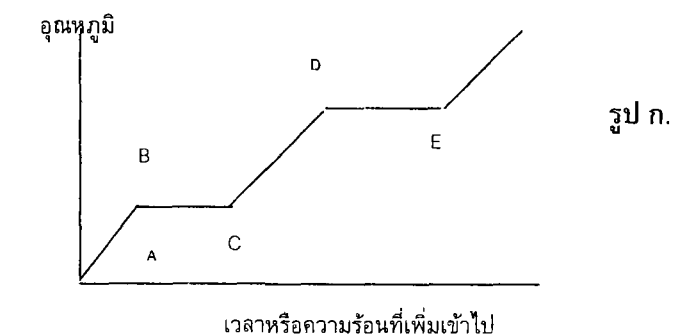
1) สถานะของแข็ง เช่น หิน แก้ว ของแข็ง มีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย อนุภาคของของแข็งจะอยู่กันอย่างเบียดชิด และยึดกันอย่างเหนียวแน่น

2) สถานะของเหลว เช่น น้ำ ปรอท รูปร่างของของเหลวขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ และปริมาตรจะคงที่ไม่ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างของภาชนะที่บรรจุไปอย่างไร อนุภาคของของเหลวจะเคลื่อนไหวไปมาและอยู่ชิดกัน

3) สถานะก๊าซ เช่น อากาศ รูปร่างและปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ ภาชนะที่บรรจุ อนุภาคของก๊าซจะอยู่กันอย่างอิสระ และอยู่ห่างจากกัน

การเปลี่ยนสถานะ อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของของแข็งเป็นของเหลวหรือของเหลวเปลี่ยนเป็นไอหรือการที่ไอเปลี่ยนเป็นของเหลว หรือของเหลวเปลี่ยนเป็นแข็ง ดังภาพประกอบ 4

(ทบทวนมหาวิทยาลัย. 2541 : 231-234)



ภาพประกอบ 4 แสดงกราฟการเพิ่มความร้อนและกราฟการเย็นตัวของสาร 1 โมล

จากภาพประกอบ 4 เมื่อให้ความร้อนในอัตราเร็วคงที่แก่ของแข็ง 1 โมล อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น ดังเส้น A ในรูป ก. โมเลกุลของของแข็งจะมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นทำให้โมเลกุลสั่นมากขึ้นจนในที่สุดเมื่อได้รับความร้อนเพียงพอถึงจุด B โมเลกุลจะหลุดออกจากโครงผลึก นั่นคือของแข็งเริ่มหลอมเหลวอุณหภูมิ ณ จุด B เรียกว่า จุดหลอมเหลว ระหว่างที่ของแข็งหลอมเหลว(เส้นBC) อุณหภูมิคงที่ เพราะความร้อนส่วนที่เพิ่มเข้าไปอีกถูกใช้ในการทำลายแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลจนของแข็งหลอมเหลวหมดที่จุด C ปริมาณความร้อนใน

ช่วง BC จึงเป็นความร้อนของการหลอมเหลวต่อโมลและถ้าให้ความร้อนแก่ของเหลวต่อไปจนถึงจุด D ของเหลวเริ่มเดือดเรียกอุณหภูมิที่จุด D ว่า จุดเดือด ในระหว่างของเหลวเดือด(เส้นDE) อุณหภูมิคงที่จนของเหลวกลายเป็นไอหมดที่จุด E ปริมาณความร้อนในช่วง DE คือ ความร้อนของการกลายเป็นไอต่อโมลและถ้าเพิ่มความร้อนต่อไปอุณหภูมิของไอจะเพิ่มขึ้นกราฟที่ได้เรียกว่า กราฟการเพิ่มความร้อน(Heating curve) ในทางตรงกันข้าม ถ้าทำให้ก๊าซ 1 โมลเย็นลงดังเส้น A ในรูป ข. พลังงานจลน์ของโมเลกุลจะลดลงจนถึงจุด B ซึ่งโมเลกุลมีแรงดึงดูดมากพอจึงควบแน่นเป็นของเหลวอุณหภูมิที่จุด B จึงเท่ากับจุดเดือด ระหว่างก๊าซควบแน่น(เส้นBC) อุณหภูมิคงที่จนถึงจุด C ซึ่งก๊าซควบแน่นเป็นของเหลวหมด ความร้อนในช่วง BC ที่ถูกดึงออกไปจึงเท่ากับความร้อนของการกลายเป็นไอต่อโมลแต่จะตรงข้ามกับในกรณีรูป ก. และเมื่อทำให้ของเหลวเย็นลงต่อไปจนถึงจุด D ของเหลวจะเริ่มตกผลึกเรียกจุด D ว่าจุดเยือกแข็ง ซึ่งเป็นอุณหภูมิเดียวกันกับจุดหลอมเหลว ปริมาณความร้อนในช่วง DE คือความร้อนของการหลอมเหลวต่อโมล ซึ่งตรงข้ามกับกรณีรูป ก. และถ้าทำให้ของแข็งเย็นลงต่อไปอีกอุณหภูมิจะลดลงต่อไป กราฟที่ได้เรียกว่า กราฟการเย็นตัว (Cooling curve)

สสารสามารถเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่งได้โดยการเปลี่ยนอุณหภูมิ เช่น ที่อุณหภูมิห้องออกซิเจนมีสถานะเป็นก๊าซ เมื่อทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงมาก ๆ ออกซิเจนจะมีสถานะเป็นของเหลว และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงไปอีก ออกซิเจนจะมีสถานะเป็นของแข็ง การเปลี่ยนสถานะโดยการเปลี่ยนอุณหภูมินั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้นแต่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงสีก็ได้ การเปลี่ยนแปลงอีกชนิดหนึ่งที่ทำให้สารใหม่เกิดขึ้นมีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานซึ่งอาจมีการให้หรือรับพลังงานการเปลี่ยนแปลงชนิดนี้เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น นำไม้ไปเผาให้ขึ้นเถ้า และก๊าซทั้งสองอย่างที่เกิดขึ้นเป็นสารใหม่และมีสมบัติแตกต่างไปจากเดิมซึ่งในกระบวนการดังกล่าว มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานด้วย

การเกิดสารละลาย

สารละลาย(Solution) คือ ของผสมเอกพันธ์(ของผสมเนื้อเดียว) ที่เกิดจากสารบริสุทธิ์มีองค์ประกอบสองชนิดหรือมากกว่าซึ่งปริมาณองค์ประกอบเปลี่ยนแปลงได้ โดยทั่วไปองค์ประกอบที่มีปริมาณมาก เรียกว่า ตัวทำละลาย(solvent) และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีปริมาณน้อยกว่า เรียกว่า ตัวถูกละลาย(solute) แต่มีสารละลายบางชนิดซึ่งเป็นส่วนน้อยเรียกองค์ประกอบทั้งสองกลับกันกับที่กล่าวมาแล้วเพื่อความสะดวก เช่น สารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 97.6% โดยน้ำหนัก เรียกกรด H_2SO_4 ซึ่งมีในปริมาณมากกว่าตัวถูกละลาย และเรียกน้ำที่มีปริมาณน้อยกว่าตัวทำละลาย สารละลายที่มีองค์ประกอบสองชนิดเรียกว่าสารละลายทวิภาค (Binary solution) สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายเรียกว่า สารละลายในน้ำ(Aqueous solution) สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายในการเรียกชื่อสารละลายไม่ต้องบอกชนิดของตัวทำละลายเช่น น้ำเชื่อม (น้ำตาลทรายละลายในน้ำ) น้ำส้มสายชู(กรดอะซิติกละลายในน้ำ) แต่สารละลายที่มีสารอื่นซึ่งไม่ใช่ น้ำเป็นตัวทำละลายจำเป็นต้องระบุชนิดของตัวทำละลายด้วย เช่น สารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ สารละลายไอโอดีนในเอทานอล สารละลายบางชนิดมีตัวถูกละลายมากกว่า 1 ชนิดเช่น น้ำทะเล น้ำอัดลม และสารบางชนิดมีตัวทำละลายมากกว่า 1 ชนิด เช่น ไอโอดีนละลายในน้ำผสมเอทานอล ฯลฯ

ชนิดของสารละลาย

โดยทั่วไปสารละลายแบ่งได้ 3 ชนิดตามสถานะ คือ สารละลายก๊าซ สารละลายของเหลว และสารละลายของแข็ง ตัวถูกละลายของสารละลายของสารทั้ง 3 สถานะนี้จะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซก็ได้ แต่ตัวทำละลายต้องเป็นก๊าซเมื่ออยู่ในสถานะก๊าซ เป็นของเหลวเมื่ออยู่ในสถานะของเหลว และเป็นของแข็งเมื่ออยู่ในสถานะของแข็ง สารละลายแต่ละสถานะจึงมี 3 ชนิดและเมื่อนับรวมทั้ง 3 สถานะจะมีสารละลายทั้งหมด 9 ชนิดด้วยกัน ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงชนิดของสารละลาย

สารละลายในสถานะต่างๆ	ชนิดของสารละลายในแต่ละสถานะ	ตัวอย่าง
สารละลายก๊าซ	ก๊าซในก๊าซ ของเหลวในก๊าซ ของแข็งในก๊าซ	อากาศ(O_2 และอื่นๆใน N_2) อากาศชื้น (น้ำในอากาศ) ไอของ I_2 (แข็ง)ในอากาศ
สารละลายของเหลว	ก๊าซในของเหลว ของเหลวในของเหลว ของแข็งในของเหลว	น้ำโซดา (CO_2 ในน้ำ) แอลกอฮอล์ในน้ำ เกลือแกงในน้ำ
สารละลายของแข็ง	ก๊าซในของแข็ง ของเหลวในของแข็ง ของแข็งในของแข็ง	H_2 ใน Pd Hg ใน Ag โลหะเจือ เช่น Cu ใน Zn

ที่มา : ทบวงมหาวิทยาลัย. (2541) เคมี 1 : 241

การแบ่งชนิดของสารละลายโดยใช้ปริมาณของตัวละลายเป็นเกณฑ์ แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. สารละลายไม่อิ่มตัว(Unsaturated Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่น้อยกว่าปกติที่ควรละลายในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย เมื่อใส่ตัวถูกละลายลงไปอีกก็ยังคงละลายได้
 2. สารละลายอิ่มตัว(Saturated Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่เต็มในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย ถ้าใส่ตัวถูกละลายลงไปอีกจะไม่ละลายที่อุณหภูมิคงที่
- สารละลายต่างชนิดกันที่จุดอิ่มตัวจะมีปริมาณตัวถูกละลายไม่เท่ากันแม้ว่าจะมีตัวทำละลายเท่ากันก็ตาม เช่น สารละลายเกลือแกงในน้ำกับสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ในน้ำ ในสารละลายเกลือแกงที่จุดอิ่มตัวจะมีเกลือแกงละลายน้ำอยู่มากในสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ที่จุดอิ่มตัวจะมีซิลเวอร์คลอไรด์ละลายน้ำอยู่น้อยมาก

ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสาร

ความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของสาร เช่น โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) ละลายน้ำได้ดี แต่แคลเซียมคาร์บอเนต

(CaCO_3) ไม่ละลายน้ำหรือลูกเหม็น(เนฟทาลีน) ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในเบนซีน(C_6H_6)ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิดที่เป็นตัวถูกละลายหรือตัวทำละลาย

2. อุณหภูมิ สารส่วนใหญ่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะละลายได้มากขึ้น เช่น โพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) โซเดียมคลอไรด์(NaCl) แต่บางชนิดเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นกลับละลายได้น้อยลง เช่น แคลเซียมโครเมต(CaCrO_4) ก๊าซทุกชนิด

3. ความดัน ในกรณีก๊าซละลายในของเหลว ความดันจะมีผลต่อการละลาย คือถ้าความดันสูง ก๊าซจะละลายได้ดี เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำ (น้ำโซดา) ถ้าเพิ่มความดัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะละลายได้มากขึ้น แต่ถ้าให้น้ำโซดาบีบอัด (ลดความดัน) จะทำให้ก๊าซหนีจากของเหลว นั่นคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายได้น้อย

สมบัติของสารละลาย

สารละลายมีสมบัติบางประการ ดังนี้

1. เมื่อนำสารละลายที่เป็นของแข็งไปหาจุดหลอมเหลวจะมีจุดหลอมเหลวไม่คงที่ หรือมีช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลวกว้าง(เกิน 2°C) ช่วงอุณหภูมิของการหลอมเหลว คือช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ของแข็งเริ่มหลอมเหลวจนกระทั่งหลอมเหลวหมด และในการทดลองหาช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวจะใช้ปริมาณสารละลายที่เป็นของแข็งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. เมื่อนำสารละลายที่เป็นของเหลวไปต้มให้เดือดจะมีอุณหภูมิขณะเดือดคงที่หรือมีจุดเดือดคงที่หรือถ้านำไปทำให้แข็งตัวจะมีจุดเยือกแข็งคงที่

3. สามารถแยกให้เป็นสารบริสุทธิ์ได้ด้วยวิธีง่าย ๆ เช่น การกลั่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย ฯลฯ

ความเข้มข้นของสารละลาย

ความเข้มข้นของสารละลายส่วนมากจะระบุเป็นมวลของตัวถูกละลายต่อหน่วยปริมาตรของสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย SI ใช้โมลต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อความสะดวกในการบอกความเข้มข้นของสารละลาย มี 3 วิธีดังต่อไปนี้

1. ร้อยละของตัวถูกละลาย การบอกความเข้มข้นวิธีนี้ มี 3 แบบ ดังนี้

1.1 ร้อยละโดยน้ำหนัก หมายถึง น้ำหนักของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยน้ำหนักเดียวกัน เช่น สารละลาย NaCl เข้มข้น 2 % โดยน้ำหนักหมายถึง NaCl หนัก 2 กรัม ละลายอยู่ในสารละลาย NaCl หนัก 100 กรัม สารละลายนี้เตรียมได้โดยชั่ง NaCl มาหนัก 2 กรัมละลายในน้ำ 98 กรัม จะได้สารละลายหนัก 100 กรัม การบอกความเข้มข้นโดยวิธีนี้ใช้กันมากถ้าตัวถูกละลายเป็นของแข็ง

1.2 ร้อยละโดยปริมาตร หมายถึง ปริมาตรของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร ใช้กับตัวถูกละลายที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายแอลกอฮอล์เข้มข้น 10 % โดยปริมาตร หมายถึง แอลกอฮอล์ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรละลายอยู่ในสารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.3 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง น้ำหนักของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร เช่นสารละลาย KCl เข้มข้น 10 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง KCl หนัก 10 กรัมละลายอยู่ในสารละลาย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. โมลาริตี (Molarity) โมลาริตีของสารละลาย หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร ใช้หน่วยเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โมลต่อลิตร หรือ โมลาร์ (Molar, M) เช่น ถ้า NaCl หนัก 58.44 กรัม (1 โมล) มาเติมน้ำจนสารละลายที่ได้มีปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร สารละลาย NaCl ที่ได้จะมีความเข้มข้น 1 โมลาร์ หรือ โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หรืออาจกล่าวว่า สารละลาย NaCl เข้มข้น 1 โมลาร์ หมายถึง สารละลาย NaCl 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร มี NaCl ละลายอยู่ 1 โมล จำนวนโมลของสารมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของสาร ดังนี้

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสูตร (กรัม/โมล)}}$$

3. โมแลลลิตี (Molallity) โมแลลลิตีของสารละลาย หมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหนัก 1 กิโลกรัม ใช้หน่วยเป็นโมลต่อกิโลกรัม หรือ โมแลล (molal, m) เช่น สารละลาย HNO_3 เข้มข้น 2.0 โมแลล จะมี HNO_3 2 โมล ละลายอยู่ในน้ำ 1 กิโลกรัม ซึ่งเตรียมได้โดยนำกรด HNO_3 2 โมล เติมน้ำลงในน้ำ 1 กิโลกรัม หรือ สารละลาย NaCl เข้มข้น 1.0 โมแลล จะมี NaCl 1 โมล (Na^+ 1 โมล และ Cl^- 1 โมล) ละลายอยู่ในน้ำ 1 กิโลกรัม โมแลลลิตีมีประโยชน์ในการคำนวณเกี่ยวกับจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของสารละลาย แต่การเตรียมสารให้มีความเข้มข้นตามหน่วยนี้ไม่สะดวก เพราะต้องชั่งน้ำหนักของตัวทำละลาย ซึ่งในงานที่ต้องการเปลี่ยนอุณหภูมิในช่วงที่แตกต่างกันมากก็นิยมใช้หน่วยความเข้มข้นนี้ เนื่องจากผลการเปลี่ยนอุณหภูมิจะไม่ทำให้ความเข้มข้นในหน่วยนี้เปลี่ยนไป

กระบวนการเกิดสารละลาย

สารจะละลายซึ่งกันและกันเกิดเป็นสารละลายได้นั้น อนุภาคของตัวถูกละลายต้องสามารถกระจายเข้าไปอยู่ระหว่างอนุภาคของตัวทำละลายได้อย่างทั่วถึง หรืออาจกล่าวได้ว่าอนุภาคของตัวถูกละลายต้องสามารถเข้าไปแทนที่อนุภาคของตัวทำละลายได้หรือไม่ ขึ้นกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวถูกละลายกับตัวถูกละลาย ตัวทำละลายกับตัวทำละลาย และตัวถูกละลายกับตัวทำละลาย ถ้าตัวถูกละลายและตัวทำละลายเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วด้วยกันจะละลายซึ่งกันและกันได้เพราะโมเลกุลไม่มีขั้ว มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์เหมือนกัน แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวถูกละลายและแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลาย จึงใกล้เคียงกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวถูกละลายกับตัวทำละลาย จึงทำให้โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าไปแทนที่โมเลกุลของตัวทำละลายได้ ตัวอย่างเช่น เบนซีน และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ เป็นสารไม่มีขั้วทั้งคู่ จึงละลายซึ่งกันและกันได้ทุกอัตราส่วนในทำนองเดียวกันถ้าตัวถูกละลายและตัวทำละลายเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วด้วยกัน จะละลายซึ่งกันและกันได้เพราะ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วเป็นแรงไดโพล-ไดโพล แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวถูกละลายจึงมีความแรงพอๆกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายหรือแรงพอๆกับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ของตัวถูกละลายกับตัวทำละลาย จึงทำให้โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าไปแทนที่โมเลกุลของตัวทำละลายได้ ตัวอย่างเช่น น้ำ และเอทิลแอลกอฮอล์เป็นโมเลกุลมีขั้วทั้งคู่ จึงละลายซึ่งกันและกันได้ทุกอัตราส่วน

1.4 ปฏิกิริยาเคมี

สมการเคมี เป็นสิ่งที่ใช้แทนปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี สมการบอกให้ทราบชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา โดยมีสูตรแสดงไว้ สมการที่สมบูรณ์จะบอกจำนวนโมลของสารทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาไว้ด้วย สมการเคมีที่สมบูรณ์ที่ดุลแล้วจะมีจำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันก่อนและหลังปฏิกิริยาเท่ากัน ซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์มวลของสารหรือกฎทรงมวล

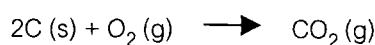
สมการเขียนได้หลายแบบ เช่น แสดงปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสาร เรียกว่า สมการโมเลคิวลาร์ (Molecular equation) เช่น



หรือแสดงปฏิกิริยาระหว่างไอออนในสารละลาย เรียกว่า สมการไอออนิก (Ionic equation) เช่น



บางสมการบ่งบอกสถานะของสารไว้ชัดเจนด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษในวงเล็บต่อจากสูตรเคมี เช่น



ซึ่ง (s) , (l) , (g) , (aq) หมายถึง ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ และสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวละลาย ตามลำดับ ถ้าหากเป็นสมการที่สมบูรณ์แล้วย่อมบอกให้ทราบความสัมพันธ์ทางปริมาณของสารในปฏิกิริยานั้นๆ ตัวเลขที่อยู่ข้างหน้าสูตรของสารในสมการเป็นจำนวนโมลของสารที่สัมพันธ์กันในปฏิกิริยาและจำนวนโมลนี้ใช้เป็นหลักการคำนวณ

หนึ่งโมล (Mole) เป็นปริมาณของสารที่มีค่าเท่ากับน้ำหนักสูตรคิดเป็นกรัม มีความหมายครอบคลุมทั้งกรัมโมเลกุล กรัมอะตอม และกรัมไอออน ตามหน่วย SI กำหนดว่า โมล คือปริมาณสารในระบบซึ่งประกอบด้วยธาตุใดๆ ที่เทียบเท่ากับจำนวนอะตอมใน คาร์บอน 12 จำนวน .012 กิโลกรัม ในหนึ่งโมลของสารมีจำนวนอนุภาคคงที่คือเท่ากับ 6.023×10^{23} หรือที่เรียกว่า อโวกาโดรน์มเบอร์ ตัวอย่างเช่น

1 โมลของ CH_4 มี 6.023×10^{23} โมเลกุล CH_4

1 โมลของ Ne มี 6.023×10^{23} อะตอม Ne

1 โมลของ Na^+ มี 6.023×10^{23} ไอออน CH_4

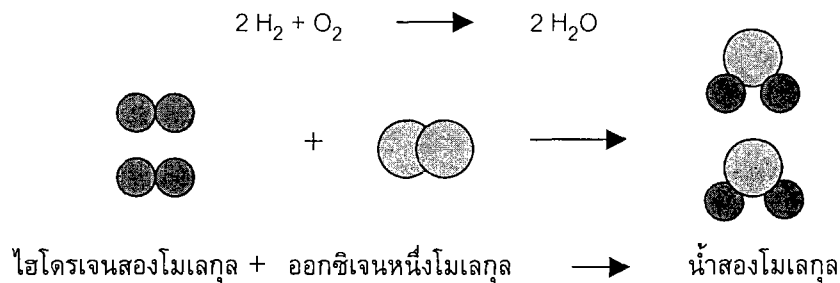
การวัดปริมาณสารเป็นจำนวนโมลจึงเป็นการสะดวกเนื่องจากได้เปรียบเทียบกับจำนวนอนุภาคของสารด้วย สำหรับก๊าซ 1 โมล มีปริมาตร 22.414 ลิตรหรือลูกบาศก์เดซิเมตรที่ STP

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เรียกว่า ปฏิกิริยาเคมี (Chemical reaction) ถ้าพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ลูกไหม้ในอากาศ (ที่มีออกซิเจน O_2) เกิดเป็นน้ำ (H_2O) ปฏิกิริยานี้อาจแทนด้วยสมการ



เมื่อ "+" หมายความว่า "ทำปฏิกิริยากับ" และ " $\longrightarrow$ " หมายความว่า "เกิดเป็น" ประโยคที่แสดงด้วยสัญลักษณ์เหล่านี้อ่านได้ว่า "โมเลกุลของไฮโดรเจนทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนเกิดเป็นน้ำ" เป็นที่เข้าใจกันว่า ปฏิกิริยาเกิดจากซ้ายไปขวาตามทิศทางของลูกศร จากสมการของปฏิกิริยาดังกล่าวยังไม่สมบูรณ์

เนื่องจากทางด้านซ้ายของลูกศรมีจำนวนอะตอมของออกซิเจนเป็น 2 เท่า ของจำนวนทางขวาเพื่อให้เป็นไปตามกฎทรงมวล จำนวนอะตอมแต่ละชนิดจะต้องเท่ากันทั้งสองข้างของลูกศร นั่นคือเมื่อเริ่มต้นมีอะตอมชนิดใด จำนวนเท่าใด เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาก็ต้องมีจำนวนเท่านั้นจึงต้องดุลสมการโดยใช้สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม ข้างหน้า H_2 และ H_2O ดังภาพประกอบ 5 (ซาง,เรย์มอน. แปลโดย นาคล ไชยคำ. 2542 : 94)

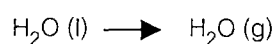


ภาพประกอบ 5 แสดงปฏิกิริยาการเกิดของน้ำ

สมการเคมีที่ดุลแล้วแสดงว่า "ไฮโดรเจนสองโมเลกุลสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหนึ่งโมเลกุลเกิดเป็นน้ำสองโมเลกุล" เนื่องจากอัตราส่วนจำนวนโมเลกุลเท่ากับอัตราส่วนจำนวนโมลซึ่งอาจอ่านได้เป็น "ไฮโดรเจนโมเลกุล 2 โมล ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโมเลกุล 1 โมล เกิดเป็นโมเลกุลของน้ำ 2 โมล เราเรียก H_2 และ O_2 ในสมการว่า เป็นสารตั้งต้น(Reactant) ซึ่งเป็นวัสดุเริ่มต้นในปฏิกิริยาเคมี น้ำเป็น ผลิตภัณฑ์(Product) หรือสารที่เกิดจากผลของปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นสมการเคมีจึงเปรียบเหมือนสัญลักษณ์ย่อที่นักเคมีใช้อธิบายปฏิกิริยาเคมี ในสมการเคมีจะเขียนสารตั้งต้นไว้ทางซ้ายของลูกศรและเขียนผลิตภัณฑ์ไว้ทางขวา ดังนี้



นอกจากนี้ นักเคมียังใช้สมการแทนกระบวนการทางกายภาพด้วย เช่น การเยือกแข็ง (การเปลี่ยนของเหลวเป็นของแข็ง) และการระเหย (การเปลี่ยนจากของเหลวกลายเป็นไอ) ของน้ำอาจเขียนแทนได้ดังนี้



สมการเคมีไม่สามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ทั้งหมด แต่สามารถบอกได้เฉพาะสิ่งที่เกิดขึ้นโดยรวม นั่นคือ จำนวนและชนิดของอะตอม โมเลกุลหรือไอออนที่มีอยู่ก่อนและหลังปฏิกิริยาแต่ไม่ได้บอกว่าผลิตภัณฑ์เกิดได้อย่างไรจากสารตั้งต้นรวมทั้งเวลาของการเปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยา

ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระบบทั้งหมดย่อมมีการเปลี่ยนแปลงทางพลังงานควบคู่ไปด้วย พลังงานทั้งหมดภายในสารมีหลายแบบรวมทั้งพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ต่างๆ ความแตกต่างระหว่างพลังงานของสารที่เป็นผลของปฏิกิริยากับสารที่เข้าทำปฏิกิริยาจะเป็นพลังงานที่คายออกมาหรือดูดกลืนเข้าไประหว่างเกิดปฏิกิริยาโดยเฉพาะพลังงานความร้อน ปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่กระทำในภาชนะเปิด เช่นใน

บีกเกอร์หรือในขวดเป็นต้นความดันในขณะทำปฏิกิริยาเป็นความดันที่คงที่ คือเท่ากับความดันบรรยากาศ ณ ที่นั้น บางปฏิกิริยาเมื่อเกิดขึ้นแล้วให้ความร้อนจำนวนหนึ่งออกมา และบางชนิดดูดกลืนความร้อนเข้าไปในขณะเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาที่ให้ความร้อนออกมาเรียกว่า ปฏิกิริยาคายความร้อน ส่วนปฏิกิริยาที่ดูดกลืนความร้อน เรียกว่า ปฏิกิริยาดูดความร้อน เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ความดันคงที่เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับสถานะของสาร ดังนั้นจึงต้องบอกสถานะของสารกำกับไว้ด้วยเสมอในสมการ การวัดความร้อนของปฏิกิริยากระทำได้โดยใช้เครื่องมือ เรียกว่า คาลอริมิเตอร์(Calorimeter)

อัตราของปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาดำเนินไปด้วยความเร็วสูงมาก เช่น การระเบิดของทีเอ็นที (TNT trinitrotoluene) เป็นไปอย่างรวดเร็วมากหรือการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นทันทีที่ผสมกรดและด่าง ปฏิกิริยาบางปฏิกิริยาช้ามาก กินเวลาหลายวันกว่าจะเสร็จสิ้นและบางทีแทบไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง เช่น เหล็กเป็นสนิมเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นช้าๆ มีบางปฏิกิริยาที่ไม่เร็วและไม่ช้าเกินไปพอจะวัดความเร็วได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างโลหะบางชนิดกับกรด การเปลี่ยนแปลงทางเคมีดำเนินไปโดยเกี่ยวข้องกับเวลาเรียกว่า อัตราของปฏิกิริยา(Rate of reaction) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราของปฏิกิริยา มีดังนี้

1) ชนิดของสารเข้าทำปฏิกิริยา สารแต่ละชนิดมีสมบัติในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเร็วช้าต่างกัน เช่น ชินแมกนีเซียมจะลุกไหม้ได้รุนแรงแต่เหล็กไม่ลุกไหม้ หรือถ่านหินแมกนีเซียมใส่ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจางจะได้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นฟองอย่างรวดเร็ว ฯลฯ

2) ความเข้มข้นของสารเข้าทำปฏิกิริยา เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเข้าทำปฏิกิริยา จำนวนอนุภาคเพิ่มขึ้น ทำให้โอกาสของการชนเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

3) อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น เช่น เมื่อต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นจะต้องต้มหรือเผาสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน ถ้าปล่อยให้สารทำปฏิกิริยาเองในอุณหภูมิธรรมดาบางครั้งอาจไม่เกิดปฏิกิริยาเลยก็ได้

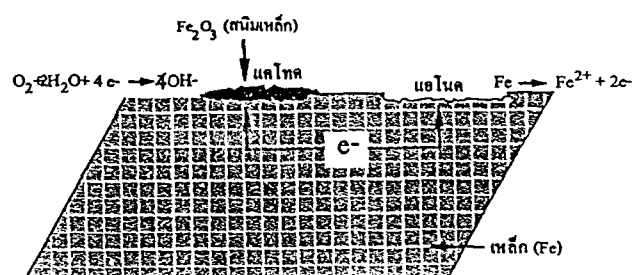
4) คตะลิสต์(ตัวคะตะไลซ์) คือสารที่เพิ่มอัตราของปฏิกิริยาโดยตัวเองไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยเมื่อเสร็จสิ้นปฏิกิริยา

นอกจากปัจจัยทั้ง 4 ประการดังกล่าวแล้ว ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวกับพื้นที่ผิวสัมผัส โดยวัตถุที่มีขนาดเล็กลงพื้นที่ผิวยิ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

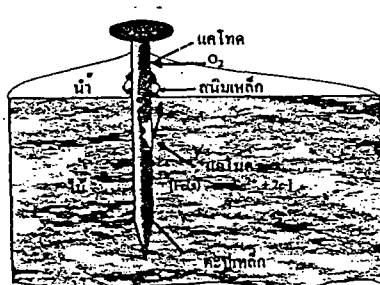
การสึกกร่อนหรือการกัดกร่อน(Corrosion)

หมายถึง การกร่อนตัวของโลหะโดยกระบวนการทางเคมีชนิดกัลวานิก(Galvanic) การสึกกร่อนมีอยู่มากมายรอบตัวเรา เช่น เหล็กเป็นสนิม เงินเป็นฝ้าขาว ทองแดงและทองเหลืองกลายเป็นสีเขียว การสึกกร่อนทำให้อาคาร สะพาน เรือ และรถยนต์เกิดความเสียหายได้ การกัดกร่อนเป็นการเกิดออกซิเดชันของโลหะ เนื่องจากสภาพแวดล้อมและทำให้เกิดสารที่ไม่มีคุณสมบัติของโลหะ ซึ่งโลหะหมู่ IA เป็นโลหะที่เกิดออกซิเดชันได้ง่ายที่สุด โลหะอื่น เช่น เหล็ก(Fe) สังกะสี(Zn) แมกนีเซียม(Mg) เกิดออกซิเดชันได้ยากกว่าโลหะหมู่ IA และเกิดได้ไม่เท่ากัน ปฏิกิริยาออกซิเดชันของโลหะและปฏิกิริยารีดักชันจะเกิดขึ้นเองอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการส่งผ่านอิเล็กตรอนและเกิดการกร่อนของโลหะหรือเรียกว่า สนิมโลหะ ตัวอย่างการสึกกร่อนที่พบเห็นได้บ่อยที่สุดคือ การเกิดสนิมเหล็ก เหล็กเกิดการกร่อนอย่างช้าๆเมื่อสัมผัสกับอากาศ

โดยที่อะตอมของเหล็กบริเวณที่ผิวจะทำปฏิกิริยาอย่างช้าๆกับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์ ดังภาพประกอบ 6 (สุรชาติพิทย์ ศิริไพศาลพิพัฒน์. 2541 : 201-203)



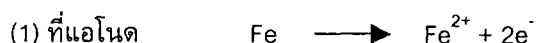
รูป ก. การเกิดสนิมของเหล็กเมื่อสัมผัสกับ H_2O ที่มี O_2



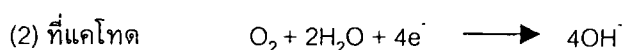
รูป ข. การเกิดสนิมของตะปูเหล็ก

ภาพประกอบ 6 แสดงการสีกกร่อนของโลหะ

จากรูป ก. และรูป ข. เหล็กจะเกิดการกัดกร่อนอย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน จะเกิดที่สองจุดบนเหล็กขึ้นเดียวกันโดยที่โลหะเหล็กจะทำหน้าที่เป็นทั้งแอโนด และแคโทดที่บริเวณหนึ่ง ซึ่งเหล็กจะเกิดออกซิเดชัน ดังสมการ (1)



อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ผ่านโลหะเหล็กไปยังอีกบริเวณหนึ่งบนเหล็กนั้นและเกิดปฏิกิริยารีดักชันของออกซิเจนในน้ำ ดังสมการ (2)



Fe^{2+} และ OH^- ที่เกิดขึ้นจะแพร่เข้าหากันรวมกันได้เป็นไฮดรอกไซด์ ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) และออกซิเดชันต่อไปจึงเปลี่ยนเป็นสนิมเหล็ก $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

เหล็กจะเกิดการสึกกร่อนได้รวดเร็วยิ่งขึ้นอีก เมื่อสัมผัสกับน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ และในเขตหนาว เกลือ(NaCl หรือ CaCl_2) ที่ใช้ละลายน้ำแข็งและหิมะบนถนนกลายเป็นต้นเหตุสำคัญของสนิมบนตัวถังรถยนต์ การกร่อนของโลหะเกิดได้กับโลหะชนิดอื่นอีกหลายชนิด ตัวอย่างเช่น อะลูมิเนียมซึ่งเป็นโลหะที่ใช้ทำประโยชน์ได้มากมายรวมทั้งทำเครื่องบิน และกระป๋องน้ำอัดลม ซึ่งอะลูมิเนียมมีแนวโน้มที่เกิดออกซิเดชันได้ง่ายกว่าเหล็กมากแต่กระบวนการดังกล่าวไม่เกิดขึ้นเพราะชั้นของอะลูมิเนียมออกไซด์(Al_2O_3) ที่เกิดขึ้นจะเคลือบผิวโลหะไว้ทำให้เนื้ออะลูมิเนียมข้างใต้ไม่สึกกร่อนไปเมื่อโลหะสัมผัสกับอากาศ ส่วนสนิมที่เกิดขึ้นบนผิวเหล็กนั้นมีลักษณะเป็นรูพรุน จึงป้องกันเนื้อเหล็กที่อยู่ข้างใต้ไม่ได้

การป้องกันการสึกกร่อนของโลหะสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. ทาสี เป็นวิธีที่ป้องกันไม่ให้ผิวของโลหะสัมผัสกับความชื้นและออกซิเจน แต่การทาสีจะป้องกันได้ระยะหนึ่งที่ยังไม่เสื่อมสภาพ บางครั้งอาจจะมีการเติมสารที่เป็นตัวยับยั้งการกัดกร่อนลงไปในสีด้วย เช่น เติม ZnCrO_4 หรือ Pb_3O_4 (red lead)

2. การชุบเคลือบผิวด้วยโลหะที่ว่องไวต่อการออกซิเดชันน้อยกว่าเหล็ก เรียก วิธีกัลวาไนซิง (Galvanizing) เช่น ดีบุก สังกะสี จะเกิดออกซิเดชันยากกว่า การเคลือบผิวชนิดนี้ต้องระวังไม่ให้เกิดรอยร้าว เพราะจะทำให้เหล็กที่อยู่ภายในเกิดสนิมได้

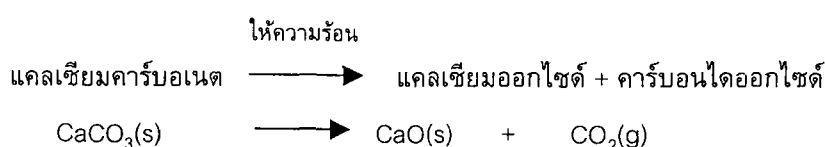
3. การป้องกันแบบแคโทดิก(Cathodic protection) คือ การป้องกันโดยวิธีให้เหล็กสัมผัสกับโลหะที่เกิดออกซิเดชันได้ดีกว่าเหล็ก(เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงกว่าเหล็ก) เช่น การรัดหรือการเชื่อมต่อท่อเหล็กด้วยสังกะสีหรือแมกนีเซียม ซึ่งจะบังคับให้เหล็กทำหน้าที่เป็นแคโทด สังกะสีหรือแมกนีเซียมจะทำหน้าที่เป็นแอโนด ดังนั้น สังกะสีหรือแมกนีเซียมจะเกิดออกซิเดชันและสึกกร่อนโดยที่เหล็กจะไม่เกิดการสึกกร่อนจนกว่าสังกะสีหรือแมกนีเซียมจะสึกกร่อนหมดไป ก็เปลี่ยนแถบสังกะสีหรือแมกนีเซียมใหม่

4. การรมดำ(Blackening) การรมดำโลหะด้วยสารเคมีเป็นการทำผิวของโลหะเป็นออกไซด์สีดำติดแน่นบนโลหะ เช่น การรมดำเหล็กเป็นการทำให้เหล็กเกิดเป็นออกไซด์สีดำโดยการนำเหล็กไปต้มในสารละลายประเภทต่าง เช่น สารโซเดียมหรือโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือสารพวกคลอไรด์ ฯลฯ ซึ่งจะได้เหล็กที่มีสีดำเป็นเงาและได้ความหนาของออกไซด์ประมาณ 1.3 ถึง 3 ไมครอนแล้วชั้นสุดท้ายจะต้องจุ่มหรือชะโลมน้ำมันเพื่อให้ทนทานต่อการเกิดสนิมและเพิ่มความสวยงามมากยิ่งขึ้น

หินปูน(CaCO_3)

หินปูนตามธรรมชาติเป็นหินสีขาว โมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของธาตุแคลเซียม(Ca) 1 อะตอม คาร์บอน(C) 1 อะตอมและ ออกซิเจน(O) 3 อะตอม ในอุตสาหกรรมใช้เผาหินปูนในการให้ความร้อนแก่หินปูนซึ่งสลายตัวด้วยความร้อนในเตาเผาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า การแยกสลายด้วยความร้อน

(Thermal decomposition) ดังสมการ (ไรอัน, ลอว์รี, แพลโดย จินดา อุตสาหกรรมและคณะ. 2543 : 121-125)



ผลที่ได้จากการเผาหินปูนจะได้ ผงแคลเซียมออกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อเติมน้ำลงไป ผงแคลเซียมออกไซด์จะเกิดปฏิกิริยารุนแรงขึ้น และขยายตัวให้ความร้อนออกมา โมเลกุลของ

แคลเซียมออกไซด์(CaO) และน้ำ(H_2O) จะจัดเรียงตัวกันใหม่เกิดเป็นโมเลกุลของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีลักษณะนิ่มคล้ายแป้งเปียกมีสูตรทางเคมี คือ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ เมื่อแคลเซียมไฮดรอกไซด์แห้งและแข็งตัวโมเลกุลของน้ำจะระเหยขึ้นสู่อากาศขณะที่โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) จากอากาศจะถูกดูดซับเข้ามาทำให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์คาร์บอนเตกลายเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต(CaCO_3) หรือหินปูนซึ่งมีสมบัติทางเคมีเหมือนเดิมทุกประการ แต่จะมีลักษณะต่างไปจากหินปูนก้อนเดิมเพราะไม่ได้ก่อตัวภายใต้ความดันสูงใต้พื้นโลกอย่างหินปูนที่เกิดตามธรรมชาติ

การใช้ประโยชน์ของหินปูน ได้แก่

1. ผลิตซีเมนต์ ได้จากการเผาหินปูนกับดินเหนียว(หรือหินดินดาน) และเติมยิปซัม (แคลเซียมซัลเฟต) ปริมาณเล็กน้อยเพื่อไม่ให้ซีเมนต์เกาะตัวกันจนกว่าจะเติมน้ำลงไป
2. เป็นสารตัวเติมในการผลิตกระดาษจากเยื่อไม้เพื่อทำให้กระดาษขาวและหนาขึ้นแทนการใช้สารจำพวกกรดและสารฟอกขาว
3. ปรับสภาพดินและแหล่งน้ำซึ่งเกิดจากฝนกรดให้มีสภาพเป็นกลาง
4. ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแก้วโดยเผาหินปูนกับทรายและโซเดียมคาร์บอเนต

1.5 ปฏิกริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน และผลต่อสิ่งแวดล้อม

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารให้เกิดเป็นสารใหม่ตัวอย่างเช่น การเผาไม้ หรือถ่าน แล้วกลายเป็นผงขี้เถ้าขาวๆ มีลักษณะใหม่ที่ต่างไปจากไม้เดิม ในชีวิตประจำวันของเราและโลกทั้งโลกจะต้องเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี การที่ผลไม้เน่า นมบูด ฟันผุ ร่างกายเป็นแผล ถั่วออก การทำให้ข้าว มัน และเผือกสุกแล้วกินได้ อร่อยมีรสหวาน เหล่านี้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือการเกิดปฏิกิริยาเคมี(Chemical Reaction)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน ได้แก่

1. การบ่มผลไม้ เช่น มะม่วง ขนุน ทุเรียน กล้วย ฯลฯ โดยการเก็บในที่มืดชื้นเพื่อเพิ่มความร้อนให้ผลไม้สุกเร็ว หรือการบ่มในธรรมชาติ คือ การใช้แสงสว่างและความร้อนจากดวงอาทิตย์ ผลไม้ที่อยู่กับดินจะค่อยๆสุก เป็นเรื่องประโยชน์จากความร้อน
2. การดอง เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างหนึ่ง เช่น การดองไข่เค็ม เป็นการดองแบบแห้ง คืออาจใช้ดินเหนียวละลายในน้ำเกลือ แล้วพอกไข่ไว้ จะเกิดการถ่ายเทของเหลวในไข่ออกและของเหลวที่มีความเข้มข้นมากกว่าเข้าไปในไข่ โดยวิธีออสโมซิส(Osmosis)
3. การหมัก เช่น การทำแป้งข้าวหมากโดยอาศัยการหมักโดยใช้ลูกแป้ง(เป็นเชื้อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี) ทำให้แป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล หรือถ้าทิ้งไว้นานหลายวันจะเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์จนในที่สุดมีรสเปรี้ยวเป็นกรดน้ำส้ม
4. การต้ม เป็นการทำให้สารเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยความร้อน

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม

สภาวะแวดล้อมที่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายที่ควรระวังและควรป้องกันซึ่งอาจเกิดโดยธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ ความเป็นพิษของสภาวะแวดล้อมโดยทั่วไป มักหมายถึง อากาศเป็นพิษ น้ำเสีย ดินเสีย และเสียงเป็นพิษ หรือสารพิษในอาหาร ซึ่งเกี่ยวข้องกับเคมี และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตซึ่งจากการ

ศึกษาเอกสารดังนี้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2527 : 469-477) บงยุท โอสธสภาและคณะ (2541 : 86-222) และเปรมจิตต์ แทนสถิตย์ (2535 : 65-69) โดยสรุปได้ดังนี้

1) ผลที่มีต่อพืช เช่น พืชจากออกไซด์ของกำมะถัน ได้แก่ SO_2 และ SO_3 (จากโรงงานถลุงแร่ ทองแดงหรือตะกั่ว และโรงกลั่นน้ำมัน) เมื่อเกิดสภาวะที่มีหมอกปกคลุมบรรยากาศจะทำลายพืชและผลไม้ ถ้าก๊าซพิษมีปริมาณมากทำให้พืชตายได้หรือสารฟอสเฟตจากผงซักฟอกทำให้พืชสีเขียวเจริญงอกงามมากขึ้น จนเป็นสาเหตุให้น้ำชาออกซิเจนทำให้น้ำเน่า

2) ผลที่มีต่อมนุษย์และสัตว์ สารที่เป็นพิษในอากาศ เช่น เขม่า ซีเก้า ควันทาจากท่อไอเสีย รถยนต์ ทำให้เกิดการระคายเคือง เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคทางตา ฯลฯ สิ่งที่เป็นพิษอยู่ในน้ำ เช่น น้ำเสียจากโรงงาน น้ำเสียจากบ้านเรือน หรือน้ำที่มีสารเคมีที่เป็นพิษละลายอยู่ ทำให้สัตว์เลี้ยงและสัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ฯลฯ

3) ผลที่มีต่อสิ่งก่อสร้างและวัตถุต่างๆ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และ ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) เมื่อรวมกับไอน้ำในอากาศจะเป็นละอองกรด H_2SO_3 และ H_2SO_4 ซึ่งทำให้สิ่งปลูกสร้างสึกกร่อน อนุภาคของแข็งหรือสารเคมีที่มีในน้ำเป็นสาเหตุให้เครื่องสูบน้ำในโรงงานชำรุด ฯลฯ

4) ผลที่มีต่อดินและแหล่งน้ำ เป็นสารที่มีสมบัติละลายน้ำได้ง่ายจึงถูกชะพาโดยน้ำลงสู่ดิน และแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น เกลือของโลหะหนัก สารอินทรีย์ ผงซักฟอก ยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืชปุ๋ยเคมี และสารเคมีที่ละลายได้อื่นๆ

5) สารพิษในอาหาร เป็นสารพิษที่มีผลโดยตรงต่อร่างกายมนุษย์ สารพิษที่อาจพบในอาหารได้แก่ สารประกอบโลหะหนัก สารกันบูด สารทำให้อาหารมีรสหวาน สี สารแต่งกลิ่นและรส ฯลฯ

6) ผลที่มีต่อโลก สภาวะแวดล้อมที่เป็นพิษจะกระทบกระเทือนวัฏจักรชีวเคมีต่างๆ ในธรรมชาติ ทำให้เสียสมดุลเกิดปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ เช่น วัฏจักรออกซิเจน และวัฏจักรไนโตรเจน

ดินเสีย (Soil pollution)

ดินที่เกิดภาวะ"ดินเสีย" เป็นภาวะที่ส่งผลกระทบในหลายๆ ด้านและเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วไม่สามารถปรับปรุงหรือทดแทนให้เหมือนสภาพเดิมได้ ดินมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งปวงซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ถ้าไม่มีดินก็ไม่มีพืชพันธุ์ สัตว์ก็ไม่สามารถดำรงอยู่ได้ ดินเป็นตัวกลางที่ถูกพลังงานแสงและความร้อนกระทำร่วมกันเพื่อให้มีสภาพแวดล้อมเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชมีผลผลิตที่เป็นอาหารให้กับมนุษย์และสัตว์ ตลอดจนปัจจัยทั้งหลาย

สาเหตุที่ทำให้ดินเสื่อมสภาพ ได้แก่ การเกิดการชะพังทลายของดิน การทำให้ธาตุอาหารหมดไปจากดิน การขาดน้ำและอากาศในดิน มีเกลือสะสม สารเป็นพิษในดิน ฯลฯ ในปัจจุบันผู้สนใจในการเกษตรมีความรู้เบื้องต้นอยู่แล้วว่า ดินกรด (Acid soils) คือ ดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 ดินด่าง (Alkaline soils) คือ ดินที่มีค่า pH สูงกว่า 7 แต่ถ้าดินมีค่า pH เท่ากับ 7 ดินมีสมบัติเป็นกลาง (Neutral soils)

การวัดค่า pH ของดิน สามารถวัดได้หลายวิธีแต่ที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันมี 2 วิธีดังนี้

1. วัดโดยใช้น้ำยาเปลี่ยนสี (Colorimetric method) เป็นน้ำยาที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนสีของตัวเองเป็นสีต่างๆ ได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีระดับความเข้มข้นของ H^+ ต่างๆ กัน เช่น ฟีนอลเรด (Phenol red)

จะมีสีเหลืองเมื่อ pH 6.6 และสีแดงเมื่อ pH 8.2 และจะมีสีต่างๆสมกันระหว่างสีเหลืองกับสีแดงเมื่ออยู่ในสารละลายที่มี pH อยู่ระหว่าง 6.6 ถึง 8.2 ถ้าใกล้เคียง 8.2 ก็จะมีสีแดงปนอยู่มาก

2. วัดด้วยเครื่องวัด(Potentiometric measurement) เหมาะสำหรับการวัด pH อย่างละเอียด เครื่องมือที่ใช้วัดเรียกว่า pH meter ซึ่งเครื่องมือนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) อิเล็กโทรดอ้างอิง(Reference electrode) 2) Glass electrode และ 3) Electrometer ซึ่งวัดค่า pH ได้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3

การเกิดดินกรดและการปรับปรุงดินกรด

ดินกรดหรือดินเปรี้ยว(Cat clay) เป็นดินที่มีปัญหาในการปลูกพืชเนื่องจากสาเหตุดังนี้

1. เกิดจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนระหว่าง H^+ จากกรดคาร์บอนิกกับเบสิกแคตไอออน(Basic cation) แลกเปลี่ยนได้ในกระบวนการพัฒนาดินที่มีการชะละลายโดยน้ำฝนที่ตกลงมาและไหลซึมผ่านดินเมื่อเกิดติดต่อกันเป็นเวลานานเบสิกแคตไอออนต่างๆจะถูกพัดพาให้สูญหายไป เพราะเมื่อน้ำฝนไหลซึมผ่านดินจะละลายเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ซึ่งมีอยู่ปริมาณมากในดินเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก(H_2CO_3) ซึ่งจะแตกตัวได้ H^+ ก็จะไล่ที่เบสิกแคตไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดิน ให้สูญหายไปโดยถูกพัดพาไปกับน้ำที่ไหลซึมชั้นดินและ H^+ ในน้ำก็จะดูดซับอยู่ที่ผิวของดินเหนียวแทน เมื่อนานขึ้นพื้นผิวของอนุภาคดินมีไฮโดรเจนมากขึ้นและปริมาณสูงกว่าเบสิกแคตไอออนก็ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด

2. ดินที่มีอินทรีย์สารทับถมอยู่มาก เมื่อเน่าเปื่อยจะมีกรดอินทรีย์ต่างๆเกิดขึ้นด้วยส่งผลให้ดินเป็นกรด เพราะ H^+ จากกรดเหล่านี้ไปไล่ที่พวกแคตไอออนที่เป็นต่างจนถูกชะละลายสูญหายไปจึงทำให้ดินที่ตกค้างอยู่กลายเป็นกรดไปทีละน้อย

3. เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมอย่างไม่ถูกต้องจึงสะสมในดิน กระบวนการไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียมก่อให้เกิด H^+ ในดิน หรือในย่านอุตสาหกรรมและโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันสูงเป็นเหตุให้เกิดฝนกรดตกบนพื้นที่และเพิ่มกรดในดินทีละน้อยต่อเนื่องยาวนาน

การปรับปรุงดินกรด

การปรับปรุงดินกรด คือ การปรับ pH ของดินให้สูงขึ้นจนมีสภาพใกล้เคียงเป็นกลางโดยการใส่ปูนในอัตราที่เหมาะสม ทำได้หลายวิธีได้แก่

1. การชะละลายดิน เป็นการทำให้ pH สูงขึ้น และทำให้เกลืออะลูมิเนียมและเหล็กลดลง
2. การใส่ปูน ซึ่งจะช่วยให้แคลเซียมและลดปริมาณอะลูมิเนียมที่เป็นพิษ
3. การขังน้ำ เมื่อดินกรดจัดอยู่ในสภาพน้ำขัง pH ของดินจะสูงขึ้นและเมื่อปล่อยให้แห้งจน pH เพิ่มขึ้นอย่างเพียงพอแล้วความเป็นพิษเนื่องจากอะลูมิเนียมและเหล็กก็จะลดลง
4. การใส่แมงกานีสออกไซด์(MnO_2) ช่วยแก้ปัญหาความเป็นพิษของเหล็ก
5. การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

ฯลฯ

สารพิษในอาหาร

จัดเป็นสารพิษที่มีผลร้ายมากที่สุด เพราะสามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้เป็นประจำทุกวัน ดังนั้นการใช้สารเคมีในอาหารจะต้องเป็นไปอย่างระมัดระวังและควรมีความรู้เกี่ยวกับสารดังกล่าวตัวอย่างสารเคมีในอาหาร มีดังนี้(ไมตรี สุทธจิตต์. 2531 : 168-173)

สารปรุงแต่งสี(Coloring compounds)

สีเป็นสิ่งที่ดึงดูดตาชวนซื้ออาหารมากขึ้นโดยทั่วไปอาหารสดมีสีธรรมชาติแต่เมื่อผ่านการถนอมอาหารไว้นานๆสีธรรมชาติจะเปลี่ยนหรือซีดจางลงจนหมดไปเลย ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายจึงหาทางแต่งสีอาหารให้ดูคล้ายสีธรรมชาติและคงทนต่อแสงและความร้อนได้ นำรับประทานทั้งที่สีที่เติมลงไปนั้นอาจไม่มีคุณค่าทางอาหารหรือจำเป็นต่อร่างกายเลย ซึ่งสีอาจแบ่งตามลักษณะและแหล่งที่มาเป็น 3 พวกได้แก่

1. สีอินทรีย์ เช่น ผงถ่านที่ได้จากการเผาถ่านมะพร้าว ไททาเนียมออกไซด์และเกลือทองแดง ฯลฯ
 2. สีอินทรีย์สังเคราะห์ มีมากมายหลายชนิดแต่ที่รับรองให้เป็นสีกินได้ต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทยที่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารได้ตามประกาศกระทรวงฉบับที่ 21(2522) เช่น สีแดง ปองโซ 4 อาร์ สีเหลืองตาร์ตราซิน สีน้ำเงินบิลเลียนท์บลู ฯลฯ
 3. สีที่ได้จากธรรมชาติ อาจมาจากพืชหรือสัตว์ เช่น สีเหลืองจากขมิ้น สีแดงจากกระเจี๊ยบแดงหรือครั้ง สีเขียวจากใบเตยและสีน้ำเงินจากดอกอัญชัน ซึ่งเป็นสีธรรมชาติที่มีความปลอดภัยและใส่ในอาหารได้
- ข้อควรระวัง คือสีที่ใส่ในอาหารต้องไม่ใช่สีย้อมวัสดุ ย้อมผ้าหรือย้อมกระดาษเพราะสีเหล่านี้ บางอย่างเป็นพิษร้ายแรงเนื่องจากมีสารพวกเกลือของโลหะหนัก เช่น โครเมียม โปรท แคดเมียม สารหนู และตะกั่ว ฯลฯ อันตรายที่อาจเกิดจากสีอินทรีย์และสีอินทรีย์มีมากกว่าสีที่ได้จากธรรมชาติ เนื่องจากตัวสีอาจมีความเป็นพิษ มีสมบัติก่อการกลายพันธุ์หรือก่อมะเร็งและอาจมีสารปนเปื้อน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเนื้อหาเกี่ยวกับสารและสมบัติของสารมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์โดยพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสารประกอบด้วย 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการ ดังนี้เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 1.1) เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าและบทปฏิบัติการที่ 1.2) เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการที่ 2.1) เรื่อง ความร้อนกับเปลี่ยนสถานะของสาร และ บทปฏิบัติการที่ 2.2) เรื่อง ละลายเร็ว-ละลายช้า เรื่องที่ 3 ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 3.1) เรื่อง การทำปฏิกิริยาหมากจากหินปูนและบทปฏิบัติการที่ 3.2) เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก เรื่องที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 4.1) เรื่อง เลือกใช้ปรับสภาพดินกรดและบทปฏิบัติการที่ 4.2) เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร โดยผู้วิจัย นำบทปฏิบัติการที่ได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ แล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน จากนั้นนำไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเพื่อประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ และนำไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยเพื่อหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 75/75 ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง ซึ่งบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริง สามารถสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่ได้ปฏิบัติด้วยตนเองได้ก่อให้เกิด

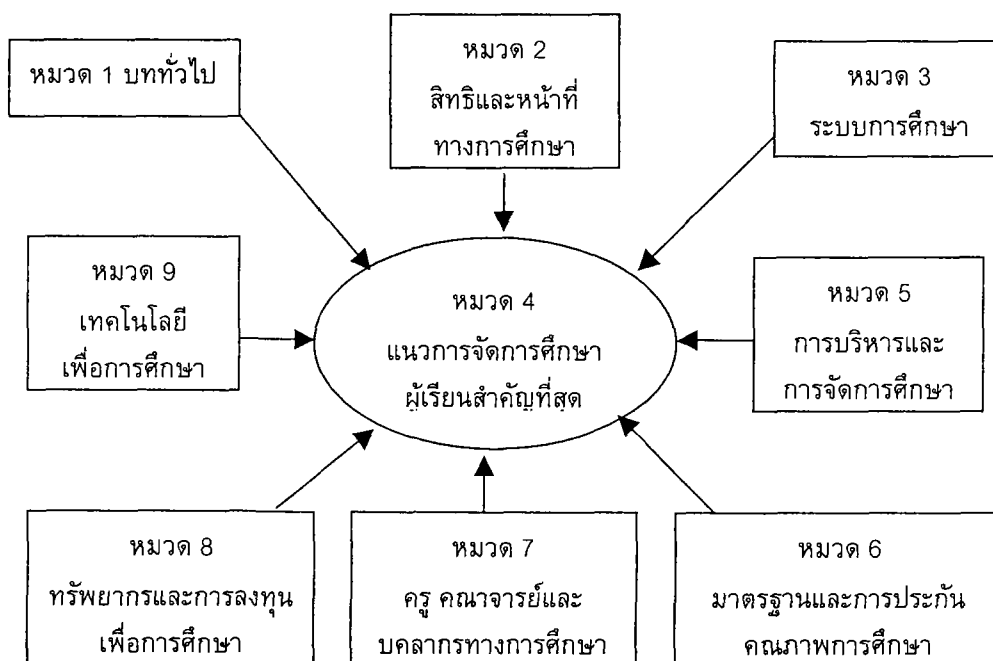
เกิดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในระดับดี

2. สาระสำคัญของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 จัดทำขึ้นโดยมุ่งสนองตอบหลักการสำคัญของการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 เพื่อเป็นหลักในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และเป็นเข็มทิศชี้แนะในการพัฒนาสังคมไทยได้อย่างยั่งยืนและนำพาประเทศชาติไปสู่ความเจริญรุ่งเรืองในอนาคตต่อไป ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, คณะอนุกรรมการการปฏิรูปการเรียนรู้ (2543 : 7-11) มีสาระสำคัญดังนี้

สาระสำคัญพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 บังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ.2542 มีผลให้เกิดการปฏิรูปการศึกษามีสาระทั้งสิ้น 9 หมวดโดยเฉพาะหมวด 4 แนวการจัดการศึกษาเป็นการปฏิรูปการเรียนรู้ที่ถือเป็นหัวใจของการปฏิรูปการศึกษา ทุกหมวดในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติจะมุ่งประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน ดังภาพประกอบ 7 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543 : 7)



ภาพประกอบ 7 สาระทุกหมวดในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ มุ่งสู่แนวการจัดการศึกษา

ที่ "ผู้เรียนสำคัญที่สุด"

จากสาระสำคัญดังกล่าวพบว่า ส่วนที่สอดคล้องกับแนวทางการศึกษาวิจัย คือหมวด 4 แนวการจัดการศึกษา

หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา

หมวดนี้ครอบคลุมหลักการ สาระ และกระบวนการจัดการศึกษา การมีส่วนร่วมสรรค์สร้างวิสัยทัศน์ใหม่ทางการเรียนการสอนทั้งในและนอกระบบโรงเรียน สาระเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุดในหมวดนี้เริ่มตั้งแต่มาตราที่ 22 ถึงมาตรา 30 มีสาระสำคัญ 8 เรื่องดังนี้ มาตรา 22 : หลักการจัดการศึกษา ต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ มาตรา 23 : สาระการเรียนรู้ เน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับตนเองและความสัมพันธ์ของตนเองกับสังคมตลอดจนประวัติศาสตร์ ความเป็นมาของสังคมไทย การเมือง และการปกครองความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรา 24 : กระบวนการเรียนรู้ ต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างของผู้เรียนฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็นอย่างสมดุล พ่อแม่ ผู้ปกครอง และชุมชน มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ มาตรา 25 : บทบาทรัฐในการส่งเสริมแหล่งเรียนรู้ โดยการส่งเสริมการดำเนินงานแล้วจัดตั้งแหล่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตทุกรูปแบบอย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพ มาตรา 26 : การประเมินผลการเรียนรู้ พิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ สังเกตพฤติกรรมกรเรียน การร่วมกิจกรรม และการทดสอบควบคู่ไปตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษาและให้นำผลการประเมินดังกล่าวมาใช้ประกอบการพิจารณาในการจัดสรรโอกาสการเข้าศึกษาต่อโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย มาตรา 27 และ 28 : การพัฒนาหลักสูตรแต่ละระดับให้คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดหลักสูตรแกนกลางและให้สถานการศึกษาขั้นพื้นฐานจัดทำสาระของหลักสูตรที่เกี่ยวกับสภาพปัญหาในชุมชนและสังคมภูมิปัญญาท้องถิ่นและคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ของครอบครัว ชุมชน สังคมและประเทศชาติ หลักสูตรต้องมีความหลากหลายตามความเหมาะสมของแต่ละระดับโดยสาระของหลักสูตรทั้งด้านวิชาการ และวิชาชีพ ต้องมุ่งพัฒนาคนให้มีความสมดุล ทั้งความรู้ความสามารถ ความดีงาม และความรับผิดชอบต่อสังคม มาตรา 29 : บทบาทของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ให้สถานศึกษาร่วมกับบุคคลครอบครัว องค์กร ชุมชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเอกชน สถาบันศาสนา สถาบันสังคมอื่น จัดกระบวนการเรียนรู้ ในชุมชนเพื่อส่งเสริมความเข้มแข็งของชุมชน รวมทั้งหาวิธีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การพัฒนาระหว่างชุมชน มาตรา 30 : การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้สถานศึกษาพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและส่งเสริมให้ผู้สอนสามารถวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับการศึกษา

จากสาระสำคัญของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 สรุปได้ว่า การจัดการศึกษาที่ถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดเป็นจุดปรับเปลี่ยนที่สำคัญในการปฏิรูปการเรียนรู้โดยทุกส่วนของสังคมไม่ว่าฝ่ายนโยบาย พ่อแม่ ผู้ปกครอง ครู ผู้เรียน ผู้บริหาร ชุมชนต้องมีความเข้าใจตรงกันและเข้ามามีส่วนร่วมในการปฏิรูปและจัดการเรียนการสอนร่วมกันภายใต้บริบทของชุมชนและสถานศึกษาในแต่ละภูมิภาคและเด็กได้เรียนรู้ตามศักยภาพโดยมุ่งหวังที่จะได้เห็นคนไทยที่พึงประสงค์เป็นทั้งคนดี คนเก่ง และมีความสุข

ซึ่งสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วย บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาระการเรียนรู้ สารและสมบัติของสารที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ด้านความรู้ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

อนึ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 มีส่วนสำคัญได้แก่หลักการ จุดมุ่งหมาย รวมถึงโครงสร้างของหลักสูตร ดังต่อไปนี้ (กรมวิชาการ. 2544 : 4-11)

หลักการ

เพื่อให้การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นไปตามแนวนโยบายการจัดการศึกษาของประเทศจึงกำหนดหลักการของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานไว้ดังนี้

- 1) เป็นการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มุ่งเน้นความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล
- 2) เป็นการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนจะได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและเท่าเทียมกันโดยสังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา
- 3) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาและเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิตโดยถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ
- 4) เป็นหลักสูตรที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระ เวลา และการจัดการเรียนรู้
- 5) เป็นหลักสูตรที่จัดการศึกษาได้ทุกรูปแบบครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นคนดี มีปัญญา สุข และมีความเป็นไทย มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพจึงกำหนดจุดหมายซึ่งถือเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ให้ผู้เรียน เกิดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1) เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยในตนเอง ปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนศรัทธา มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมอันพึงประสงค์
- 2) มีความคิดสร้างสรรค์ ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน รักการอ่าน รักการเขียนและรักการค้นคว้า
- 3) มีความรู้อันเป็นสากลรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการ มีทักษะและศักยภาพในการจัดการ การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี ปรับวิธีการคิด วิธีการทำงานได้เหมาะสมกับสถานการณ์
- 4) มีทักษะและกระบวนการ โดยเฉพาะทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิด การสร้างปัญหา และทักษะการดำเนินชีวิต
- 5) รักการออกกำลังกาย ดูแลตนเองให้มีสุขภาพและบุคลิกที่ดี
- 6) มีประสิทธิภาพในการผลิตและการบริโภค มีค่านิยมเป็นผู้ผลิตมากกว่าผู้บริโภค

7) เข้าใจประวัติศาสตร์ของชาติไทย ภูมิใจในความเป็นไทย เป็นพลเมืองดี ยึดมั่นในวิถีชีวิต และการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

8) มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ศิลปะ วัฒนธรรม ประเพณี กีฬา ภูมิปัญญาไทย ทรัพยากรธรรมชาติและพัฒนาสิ่งแวดล้อม

9) รักประเทศชาติและท้องถิ่น มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามให้สังคม

โครงสร้าง

เพื่อให้การจัดการศึกษาเป็นไปตามหลักการ จุดหมาย และมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ให้ สถานศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องมีแนวปฏิบัติในการจัดหลักสูตรสถานศึกษา จึงได้กำหนดโครงสร้างของหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1) ระดับช่วงชั้น กำหนดหลักสูตรเป็น 4 ช่วงชั้นตามระดับพัฒนาการของผู้เรียนดังนี้ ช่วงชั้น ที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

2) สาระการเรียนรู้ กำหนดสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ ทักษะหรือ กระบวนการการเรียนรู้และคุณลักษณะหรือค่านิยม คุณธรรม จริยธรรมของผู้เรียนเป็น 8 กลุ่มซึ่งเป็นพื้นฐาน สำคัญที่ผู้เรียนทุกคนต้องเรียนรู้โดยจัดเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มแรกประกอบด้วย ภาษาไทย คณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม เป็นสาระการเรียนรู้ที่สถานศึกษาต้องใช้เป็นหลักในการ จัดการเรียนการสอนเพื่อสร้างพื้นฐานการคิด และเป็นกลุ่ทุทธิในการแก้ปัญหาและวิกฤติของชาติ กลุ่มสอง ประกอบด้วย สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศเป็นสาระ การเรียนรู้ที่เสริมสร้างพื้นฐานและสร้างศักยภาพในการคิดและการทำงานอย่างสร้างสรรค์

3) มาตรฐานการเรียนรู้ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ตามกลุ่มสาระ การเรียนรู้ 8 กลุ่มที่เป็นข้อกำหนดคุณภาพผู้เรียนด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ คุณธรรม จริยธรรมและค่า นิยมของแต่ละกลุ่มเพื่อใช้เป็นจุดหมายในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ซึ่งกำหนดเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.1 มาตรฐานการเรียนรู้ การศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นมาตรฐานการเรียนรู้ ในแต่ละกลุ่มสาระการ เรียนรู้เมื่อผู้เรียนเรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน

3.2 มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น เป็นมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้เมื่อผู้เรียน เรียนจบในแต่ละช่วงชั้น คือชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6

จากหลักการ จุดมุ่งหมาย และโครงสร้างของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 สรุป ได้ว่า หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข และมีความเป็นไทยเป็นการจัดการศึกษาเพื่อปวงชนส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาและเรียนรู้ด้วยตัวเองอย่าง ต่อเนื่องตลอดชีวิต มีทักษะและกระบวนการโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์

3. เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 : 3-37) ได้จัดทำหลักสูตรการศึกษา
ขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ
ทักษะในการสื่อสารรวมทั้งความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพ
แวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม
และการดำรงชีวิต
7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

วิสัยทัศน์ของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. หลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเชื่อมโยงเนื้อหา แนวคิดหลัก และ กระบวนการ
ที่เป็นสากลแต่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ มีความยืดหยุ่นหลากหลาย
2. หลักสูตรและการเรียนการสอนต้องตอบสนองผู้เรียนที่มีความถนัดและความสนใจแตกต่างกัน
ในการใช้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
3. ผู้เรียนทุกคนจะได้รับการส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิดความสามารถในการเรียนรู้
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหาและการคิดค้นสร้างสรรค์องค์ความรู้
4. ใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น โดยถือว่ามีความสำคัญควบคู่กับการเรียนในสถานศึกษา
5. ใช้ยุทธศาสตร์การเรียนการสอนหลากหลาย เพื่อตอบสนองความต้องการ ความสนใจและวิธี
เรียนที่แตกต่างกันของผู้เรียน
6. การเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญที่ทุกคนต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถเรียนรู้ตลอด
ชีวิต จึงจะประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต
7. การเรียนการสอนต้องส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรมค่านิยมที่
เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสังคมและสิ่งแวดล้อม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนทุกคนต้องเรียนรู้ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นด้านความรู้ เนื้อหา แนวความคิดหลักวิทยาศาสตร์และกระบวนการ สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 8 สาระย่อยคือ สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับการดำรงชีวิต สาระที่ 2 : สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 : พลังงาน สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ สาระที่ 8 : ธรรมชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐานสาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

ประกอบด้วย 2 มาตรฐาน ดังนี้

มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

เป็นมาตรฐานการเรียนรู้เมื่อผู้เรียนจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น และในสาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 มีมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) มีรายละเอียดดังนี้

1. สังเกต สืบค้น ตรวจสอบ อภิปราย อธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติ มวลและพลังงานของสารเมื่อสารเกิดการละลายเปลี่ยนสถานะและเกิดปฏิกิริยาเคมีรวมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร

2. สังเกต ตรวจสอบ เปรียบเทียบ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับหน่วยที่ใช้แสดงปริมาณของตัวละลายในตัวทำละลาย วิธีเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นตามหน่วยที่กำหนดและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3. สังเกต สืบค้น ตรวจสอบ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับออกซิเจน โลหะกับน้ำ โลหะกับกรด กรดกับเบส กรดกับคาร์บอเนต และนำความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

4. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายเกี่ยวกับผลของสารเคมี ปฏิกิริยาเคมีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ตระหนักถึงการใช้สารเคมีอย่างถูกต้องคุ้มค่า ปลอดภัย รู้วิธีป้องกันและแก้ไขอย่างถูกวิธี

จากเป้าหมายและวิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา สร้างสรรค์องค์ความรู้ด้วยตนเองอีกทั้งพัฒนาผู้เรียนให้มีเจตคติที่เหมาะสมโดย

ผู้วิจัย ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในสาระที่ : 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 ที่ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการได้แก่ เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือบทปฏิบัติการที่ 1.1) เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า และบทปฏิบัติการที่ 1.2) เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือบทปฏิบัติการที่ 2.1) เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร และบท

ปฏิบัติการที่ 2.2) เรื่องละลายเร็ว -ละลายช้า เรื่องที่ 3 ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือบทปฏิบัติการที่ 3.1) เรื่องการทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน และบทปฏิบัติการที่ 2) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก และเรื่องที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือบทปฏิบัติการที่ 4.1) เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด และบทปฏิบัติการที่ 4.2) เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร ที่เน้นการปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ได้จากการปฏิบัติจริง คิดเป็น ทำเป็น รู้จักการแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์จริง

มาตรฐานการเรียนรู้ในการพัฒนาผู้เรียน ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3)

ช่วงชั้นที่ 3 เป็นช่วงสุดท้ายของการศึกษาภาคบังคับ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสำรวจความสามารถ

ความถนัด ความสนใจของตนเองและพัฒนาบุคลิกภาพส่วนตน พัฒนาความสามารถทักษะพื้นฐานด้านการเรียนรู้และทักษะในการดำเนินชีวิตให้มีความสุข ทั้งด้านความรู้ ความคิด ความสามารถ และความ

รับผิดชอบต่อสังคมสามารถเสริมสร้างสุขภาพส่วนตนและชุมชน มีความภูมิใจในความเป็นไทย ตลอดจนใช้เป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อ การจัดการเรียนรู้ที่มีหลักการ ทฤษฎีที่ยากซับซ้อน อาจจัดแยกเฉพาะและควรเน้นการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานมากขึ้น เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และรู้จักตนเองในด้านความสามารถ ความถนัดเพื่อเตรียมตัวเข้าสู่อาชีพ สถานศึกษาต้องจัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้เหมาะสม

ในส่วนของการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 : 146-147) ได้กล่าวถึงหลักการด้านจิตวิทยาพัฒนาการที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ของมนุษย์ในวัยต่างๆที่ส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ซึ่งนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา(Theory of Cognitive Development)

เป็นทฤษฎีของเปียเจต์(Piaget's development theory) นักจิตวิทยาชาวสวิส ได้เสนอไว้ว่า

พัฒนาการการเรียนรู้ของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่แบ่งออกเป็น 4 ระยะคือ 1) ระยะใช้ประสาทสัมผัส

(sensory-organs stage) เป็นการพัฒนาของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี 2) ระยะควบคุมอวัยวะ

ต่างๆ(preoperational stage) เป็นการพัฒนาในช่วงอายุ 2 ปีจนถึง 7 ปี 3) ระยะที่คิดอย่างเป็นรูปธรรม

(concrete-operational stage) เป็นการพัฒนาในช่วงอายุ 7 ปีถึง 11 ปี 4) ระยะที่คิดอย่างเป็นนามธรรม

(formal-operational stage) เป็นพัฒนาการในช่วงสุดท้ายของเด็กอายุประมาณ 12-15 ปีก่อนจะเป็นผู้ใหญ่

เด็กในช่วงนี้สามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและคิดในสิ่งที่ซับซ้อนอย่างเป็นนามธรรมได้มากขึ้นเมื่อเด็ก

พัฒนาได้อย่างเต็มที่แล้วจะสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและแก้ปัญหาได้อย่างดี จนพร้อมที่จะเป็นผู้ใหญ่

ที่มีวุฒิภาวะต่อไป พัฒนาการของเด็กเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปการพัฒนาของเด็กจะไม่กระโดดข้ามขั้น แต่ในบางช่วงของการพัฒนาอาจเกิดขึ้นเร็วหรือช้าซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติรวมทั้งการดำรงชีวิต

สูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 39-59) ได้กล่าวถึงทฤษฎีทางจิตวิทยาเพื่อการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ซึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะเกิดขึ้นได้ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญยิ่งคือ การใช้หลักจิตวิทยาของครูเพื่อกระตุ้น ส่งเสริม และเสริมแรงทางบวก โดยมีทฤษฎีดังนี้

1. ทฤษฎีของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) โดยมีความเชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อได้แก้ปัญหาที่มีความหมายต่อตัวเอง ซึ่งปัจจุบันเรียกว่า การเรียนรู้ด้วยการกระทำและการเรียนรู้ด้วยการคิด และจิตใจ (hands-on and mind-on learning)

2. กลุ่มทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) มีความเชื่อว่า สิ่งใดที่นักเรียนทำและนักเรียนเกิดการเรียนรู้ อะไรเป็นผลเนื่องมาจากอะไรที่ให้นักเรียนเกิดพฤติกรรม ดังนั้นงานของครูคือ สร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ทั้งทางสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างกลุ่มของนักเรียนและระหว่างครูกับนักเรียนโดยครูต้องให้การเสริมแรงทางบวก เช่นการชมเชย การให้คะแนน การให้เกียรติบัตร การให้นักเรียนเลือกทำในสิ่งที่ต้องการอันจะจูงใจให้นักเรียนประสบผลสำเร็จนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้และพัฒนาทัศนคติทางบวก

3. กลุ่มทฤษฎีปัญญานิยมหรือพุทธินิยม(Cognitivism) กลุ่มนี้มุ่งเน้น เกี่ยวกับการศึกษาพัฒนาการด้านสมองและจิตใจเพื่อค้นหาว่ากระบวนการคิดและการรับรู้ของมนุษย์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปธรรมของการคิด ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดของนักจิตวิทยา 3 ท่าน คือ 1) ทฤษฎีพัฒนาการของเปียเจต์

(Piaget 's development theory) มุ่งเน้นพัฒนาการทางสติปัญญา ทัศนคติ และทางร่างกายโดยย่ำว่าวุฒิภาวะทางร่างกายจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อความเจริญงอกงามทางสติปัญญาและทัศนคติซึ่งจัดลำดับขั้นของการพัฒนา 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นพัฒนาการด้วยประสาทสัมผัส ขั้นเตรียมความคิดที่มีเหตุผล ขั้นการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงรูปธรรม ขั้นการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงนามธรรม 2) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของ

ออสซูเบล(Ausubel 's Meaning verbal learning) ซึ่งเชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้ได้ด้วยการสอนแบบที่ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้หรือแบบบอกเล่า (expository method) เป็นสำคัญโดยครูต้องจัดเนื้อหาสาระที่มีความหมายต่อผู้เรียนมากที่สุดการเรียนรู้ก็จะเกิดขึ้นเมื่อแนวคิดใหม่หรือความรู้ใหม่เชื่อมโยงหรือสัมพันธ์กับความรู้เดิม

3) ทฤษฎีพัฒนาการของบรูเนอร์ มุ่งเน้นการเรียนรู้แบบค้นพบ(discovery learning) และเชื่อว่าการจัดสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมจะช่วยเร่งพัฒนาการทางสติปัญญาให้เร็วขึ้น

4. กลุ่มทฤษฎีสรคานิยม (Constructivism) มีความเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับ เพื่อค้นหาความจริง เป็นแนวทฤษฎีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นเด็กเป็นศูนย์กลาง

5. ทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligence) เป็นแนวคิดของการ์ดเนอร์ (Howard Garder)

ซึ่งกล่าวว่ามนุษย์มีปัญญาที่หลากหลาย 8 ด้านได้แก่ สติปัญญาด้านภาษา ด้านตรรกและคณิตศาสตร์ ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านการเคลื่อนไหวร่างกาย ด้านดนตรีและจังหวะ ด้านความเข้าใจตนเอง ด้านมนุษย์สัมพันธ์และด้านความเข้าใจธรรมชาติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามนุษย์มีความสามารถหลากหลายด้าน กระตุ้นให้ครูได้ตระหนักว่านักเรียนอาจแสดงความสามารถที่แตกต่างกันได้ตามสิ่งที่นักเรียนรู้และทำได้ นั่นคือนักเรียนมีความถนัดและแบบการเรียนรู้ที่ต่างกัน ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรจัดกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อให้สอดคล้องกับความหลากหลายทางสติปัญญาของนักเรียน อันจะส่งผลให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนได้ดีขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในช่วงชั้นที่ 3 เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาความสามารถ ความถนัดและความสนใจของผู้เรียนจึงต้องจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการในรูปแบบโครงงานมากขึ้นโดยเน้นการเรียนการสอนที่ใช้ทักษะปฏิบัติการและลงมือปฏิบัติจริง และสร้างองค์ความรู้จากการเรียนรู้ในสิ่งที่ได้ลงมือทดลองจริง ซึ่งการจัดการเรียนการสอนจำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการของนักเรียนแต่ละช่วงชั้นเพื่อให้การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เหมาะสมต่อการพัฒนาพฤติกรรมกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกทำการวิจัยกับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2)

4. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า " บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ " ตามความหมายในพจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 ยังไม่ได้บัญญัติคำนี้ไว้ แต่ได้ให้ความหมายของคำว่า " ปฏิบัติการ " ซึ่งหมายถึง การทดลอง พิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายในลักษณะที่เป็นการสอนวิธีหนึ่งที่ใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

วิมล สัราญวานิช (2532 : 79-80) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการหรือการทดลอง (Laboratory Method) ว่าการทดลองหมายถึง การที่นักเรียนได้ทำงาน ได้ปฏิบัติ และเรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเองภายใต้การแนะนำของครูซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกัน ขณะปฏิบัติการทดลอง ได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ รู้จักรับผิดชอบงานร่วมกัน

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 167-168) ได้ให้ความหมายการสอนแบบทดลอง (Experimental method) ว่าเป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลองและการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนให้มีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการเน้น การหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน

บุญชม ศรีสะอาด (2541: 68) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (Laboratory) คือ การสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติการฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการทดลอง

วีระชาติ สวนไพบรินทร์ (2531:39) ได้ให้ความหมายการสอนโดยปฏิบัติการทดลอง (Experimentation) คือวิธีสอนที่ให้นักเรียนมีโอกาสทำกิจกรรมการทดลองด้วยตนเองเป็นวิธีสอนที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งตามกระบวนการวิทยาศาสตร์

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 87-88) ได้ให้ความหมาย วิธีสอนแบบทดลอง(Experimental approach) ว่าวิธีสอนแบบทดลองเป็นเทคนิควิธีสอนแบบหนึ่งของวิธีสอนแบบสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเป็นการพิสูจน์หรือหาคำตอบที่นักเรียนสงสัย หรือคาดคะเน หรือตั้งสมมติฐานแล้ววางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึงชุดการทดลองหรือชุดปฏิบัติการที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำการทดลองด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผล แปลผลและสรุปผลด้วยตนเองช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและแสวงหาความรู้ใหม่ภายใต้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดของครูผู้สอน

จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจความคิดแบบวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น ทักษะการสืบสอบ ความพึงพอใจ เจตคติ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่นๆได้
3. เพื่อช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เกิดความรู้สึกรับรู้ และเลียนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์
4. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองรวมทั้งเข้าใจต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับนิทัศน์และความสามารถทางสติปัญญา
6. เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติการ

สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อมุ่งพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎี อยากรู้อยากเห็น มีความพึงพอใจและสามารถนำทักษะต่างๆไปใช้แก้ปัญหาได้

รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

วิมล สารานวนิช (2532 : 80-81) สุวัฒน์ นิยมคำ (2517 : 142-144) ได้กำหนดรูปแบบการจัดกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็น 2 แบบดังนี้

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) เป็นการทดลองที่ครูกำหนดปัญหาไว้ก่อนบอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำสั่งชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab direction) ก็สามารรถได้คำตอบจึงเป็นรูปแบบที่เก่าแก่เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory works) เป็นการทดลองที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบเองโดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายวางแผนและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาเมื่อได้แนวทางแล้วจึงนักเรียนแยกทำการทดลองแล้วนำผลที่ได้มาอธิบายหน้าชั้นอีกครั้งซึ่งถือเป็นการทดลองในแบบที่ส่งเสริมสมรรถภาพทางความคิดของนักเรียน เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบ(Inquiry model) เน้นให้นักเรียนได้ค้นและสืบสอบในหลักการที่วิเคราะห์วิจารณ์ในห้องเรียน นักเรียนมีการวางแผนการทดลองซึ่งประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานและสร้างแบบการทดลองตามลำดับแล้วจึงลงมือทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อนแล้วค่อยๆลดการกำหนดแนวทางของครูจนนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 87-88) ได้กำหนดชนิดของวิธีสอนแบบทดลองแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1. วิธีสอนแบบทดลองตามบทปฏิบัติการหรือตามแบบฝึก(Laboratory approach or Cookbook experiment) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติตามใบงานการทดลอง(Lab sheet) ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เรียบร้อยโดยมุ่งหวังให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในข้อเท็จจริงหรือมโนคติและเน้นการตรวจสอบหลักการ กฎ และทฤษฎี

2. วิธีสอนแบบทดลองโดยมีการชี้แนะ(Guided experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยตนเองโดยมีครูคอยตั้งคำถามชี้แนะแนวทาง

3. วิธีสอนแบบทดลองที่แท้จริง(Pure experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีวิธีการในการคิด ทั้งด้านการเลือก กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลองและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

สรุปได้ว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน แต่ก็มีความสัมพันธ์กันซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะและเจตคติ ดังนั้นครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อน เพื่อเป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการให้กับนักเรียนแล้วค่อยๆลดการกำหนดแนวทางของครูจากการทดลองแบบสำเร็จรูป จนนักเรียนสามารถคิดสืบสอบและวางแผนการทดลองจนสามารถแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

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

1. หน้าที่ก่อนทดลองหรือการอธิบายก่อนทดลอง (Pre-Lab discussion) โดยครูต้องเตรียมคำถาม

เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น เป็นการแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป หน้าที่โดยตรงของครูได้แก่ การกำหนดจุดหมายให้ชัดเจน ทดลองด้วยตนเองก่อน วางแผนและกำหนดวิธีแก้ปัญหา เตรียมความพร้อมในเรื่องอุปกรณ์ แบ่งกลุ่ม นักเรียนตามความเหมาะสม ถ้าเป็นการทดลองแบบสำเร็จรูปครูต้องจัดทำคู่มือการทดลอง ให้พร้อม รวมทั้งวางแผนเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล

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

3. หน้าที่หลังการทดลองหรือการอภิปรายผลการทดลอง(Post-lab discussion) ครูต้องเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็น กฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่าง ๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ ในส่วนของนักเรียนก็ให้แต่ละกลุ่มเขียนรายงานเสนอผลการทดลอง อภิปรายผล และสรุปประเด็นสำคัญ เสนอแนะให้นักเรียนไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ

สรุปได้ว่า หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการ จะต้องทำหน้าที่ดูแลให้คำแนะนำนักเรียนตั้งแต่ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง ตลอดจนการอภิปรายผลการทดลองเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น มีความกระตือรือร้นในเรื่องความปลอดภัย ดูแลให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการ รวมทั้งสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลองเป็นกฎ ทฤษฎี หรือ หลักการต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ ตลอดจนค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องเหล่านั้นจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆได้ด้วยตนเอง

ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการ

จากการศึกษาเอกสารด้านวิชาการของ ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 170-171) บุญชม ศรีสะอาด (2541 : 69) สุเทพ อุตสาหะ (2526 : 68) วิมล สำราญวานิช (2532 : 85-86) และสุภาพ วาดเขียน (2523 : 10) สรุปประโยชน์ ของการสอนแบบปฏิบัติการ ดังนี้

1. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลองและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
2. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้าน โดยตรงและอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสิ่งที่สามารถเรียนด้วยตนเองได้
3. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
4. นักเรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีทักษะมากขึ้น
5. นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน
6. การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการอาจดำเนินการโดยผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็กๆได้ เป็นการฝึกการทำงานร่วมกันแบบประชาธิปไตย

7. เป็นการเตรียมนักเรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นการฝึกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

8. ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือการสอนแบบทดลองเป็นการสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนซึ่งได้รับประสบการณ์ตรง มีโอกาสฝึกทักษะ รู้จักการแก้ปัญหา มีการทำงานร่วมกัน นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร 4 เรื่อง 8 บทปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วยการทดลองที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง รู้จักเชื่อมโยงความรู้ที่ได้ศึกษาจากการทำการทดลองกับการศึกษาค้นคว้าในเรื่องใหม่ๆ เป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความรู้เกี่ยวกับ กฎ หลักการและทฤษฎีต่างๆใน เรื่องสารและสมบัติของสาร ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้จัดเป็นการวัดและประเมินผลในระดับชั้นเรียนที่กำหนดขึ้นตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 โดยผู้วิจัยได้ให้นิยามคำว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 46-49) ดังนี้

ผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยอันเป็นผลมาจากการใช้สมองรับรู้และขบคิดตามเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย พฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่

1. ความรู้-ความจำ(Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง(Specific facts)

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์(Scientific terminologies)

1.3 ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์(Concept of science)

1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง(Conventions)

1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้น(Trends and sequences)

1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์(Classifications, categories, and criteria)

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific techniques and procedures)

1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการ และกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific principles and laws)

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆหรือแนวคิดที่สำคัญ (Theories or Major conceptual schemes)

2. ความเข้าใจ(Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปความรู้ใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปอีกสัญลักษณ์หนึ่งซึ่งเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำโดยจำแนกได้ดังนี้

2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่(Identification of knowledge in a new context)

2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง(Translation of knowledge from one symbolic form to another)

3. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry) ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด (Observing and measuring)

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีแก้ปัญหา (Seeing a problem and seeking ways to solve it)

3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป(Interpreting data and formulating generalizations)

3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่างๆ(Building,testing and revising a theoretical model)

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้(Application of scientific knowledge and skills) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา กล่าวได้ว่าการนำความรู้ไปใช้เป็นพฤติกรรมที่ลึกซึ้งที่สุด เพราะเป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจอย่างดีเสียก่อนซึ่งจำแนกเป็นพฤติกรรมย่อย ดังนี้

4.1 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน

4.2 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน

4.3 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่นนอกเหนือจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เป็นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ความเข้าใจ

3) กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ของนักเรียนจากพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร จำนวน 40 ข้อ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ(4 ตัวเลือก) ซึ่งผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านความรู้จากเนื้อหาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทปฏิบัติการ

6. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายทักษะปฏิบัติการ

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมเกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติซึ่งมุ่งผลที่คล่องแคล่วและชำนาญ

เพราพรรณ เป็ลียนภู (2542 : 292) ได้ให้ความหมายของทักษะปฏิบัติดังนี้ ทักษะปฏิบัติ

(Motor skills) หมายถึง ความสามารถในการลงมือทำงานโดยใช้อวัยวะทางกายหรือการใช้กล้ามเนื้อต่างๆได้อย่างต่อเนื่องหรือเป็นไปโดยอัตโนมัติ ทักษะการปฏิบัติที่ดีจะต้องแสดงการปฏิบัติสิ่งต่างๆอย่างรวดเร็ว

ถูกต้อง มีพลัง มีท่าทาง การเคลื่อนไหวสอดคล้องนุ่มนวล และต้องอาศัยการกระทำซ้ำๆหรือการฝึกซ้ำๆโดยเฉพาะถ้าต้องการพัฒนาปรับปรุงทักษะให้เกิดมีความเที่ยงตรง รวดเร็ว และความคล่องแคล่วในการปฏิบัติ รวมทั้งการให้ผลย้อนกลับแก่ผู้เรียนก็มีความสำคัญสำหรับการปรับปรุงทักษะให้ดีขึ้นด้วย

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 185-186) ให้ความหมายพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความสามารถที่จะใช้มือปฏิบัติการซึ่งมีพฤติกรรมดังนี้

1. การพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่วไป
2. การใช้เทคนิคปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังและให้เกิดความปลอดภัย

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 299-364) ได้กล่าวถึง ทักษะการปฏิบัติจากการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้

ตามแนวของบลูม(Bloom, 1956 : 7) ดังนี้ ทักษะการปฏิบัติหมายถึง ความสามารถและมีทักษะในการใช้อวัยวะเคลื่อนไหวส่วนต่างๆเข้าไปปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ นั่นคือ ความสามารถทางกาย เช่น ทักษะในการเขียน ทักษะในการติดตั้งเครื่องมือ ทักษะในการใช้เครื่องมือหรือ ทักษะในการทำการทดลอง

พฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวของแกแนเย่ (Robert M. Gagne) ดังนี้ ทักษะการปฏิบัติหมายถึง การใช้อวัยวะภายนอกของร่างกายในส่วนที่เคลื่อนไหวได้คล่องแคล่ว กระฉับกระเฉง และถูกต้อง เช่น การประกอบเครื่องมือวิทยาศาสตร์ การขับรถยนต์ ฯลฯ เป็นความสามารถที่ได้จากการปฏิบัติงานที่ต้องอาศัยกล้ามเนื้อภายในระยะเวลาที่กำหนดให้

สรุปได้ว่า ทักษะปฏิบัติการ หมายถึง พฤติกรรมที่เกี่ยวกับการกระทำหรือการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีผลของการกระทำที่คล่องแคล่ว ชำนาญการส่งผลให้การเรียนรู้ประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนเกิดความรู้ และมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งที่ได้กระทำและสามารถส่งผลของการปฏิบัติย้อนกลับสู่ผู้เรียนเพื่อก่อให้เกิดการปรับปรุงแก้ไขซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับและประเมินผลจากการเรียนของนักเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

โครงสร้างของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง

เนื่องจากเนื้อหาของทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มีความกว้างขวางมากและบางส่วนเป็นการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยโดยตรง เช่น ความมุ่งหมายของการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ลักษณะทั่วไปของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และข้อควรปฏิบัติในการทดลอง และเนื้อหาบางส่วนอาจนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านทักษะปฏิบัติเกี่ยวกับการปฏิบัติได้อีกทั้งในส่วนที่สามารถใช้เป็นเนื้อหาของเครื่องมือวัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดในวงกว้าง เช่นการเก็บรักษาสารเคมี การเก็บรักษาเครื่องแก้วและการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ฯลฯ เพื่อให้การศึกษาทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ในกรอบความคิดที่แคบลงจะเน้นเฉพาะทักษะด้านการทำการทดลองซึ่งเป็นทักษะปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนเป็นการเฉพาะ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 86-87)

ในด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผลมักเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำการทดลองซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดกรอบพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกันไว้ 3 ด้าน (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 87-88 ; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 25) ดังนี้ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดทำรายงานการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง การวางแผนการทดลองประกอบด้วยพฤติกรรมหรือตัวชี้วัดที่ต้องพิจารณา ดังนี้

- 1.1 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้กับผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมและชัดเจน
- 1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทำการทดลองอย่างเหมาะสมแก่ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

เกี่ยวข้อง

2. การปฏิบัติการทดลอง การปฏิบัติการทดลองมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้านคือ

1) ด้านเทคนิคการทดลอง 2) ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง และ 3) ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ แต่ละด้านมีพฤติกรรมย่อย ดังนี้

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม
- 3) อ่านค่าและตรวจสอบความได้ถูกต้อง
- 4) ใช้เทคนิคย่อยในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
- 5) ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่วและถูกต้องสมบูรณ์
- 2) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการ
- 3) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) เก็บเครื่องชั่งและตะเกียงแอลกอฮอล์ได้ถูกต้อง
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย

3. การจัดทำรายงาน พิจารณาจากความถูกต้อง สมบูรณ์ของเนื้อหาสาระตามหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 ชื่อการทดลองหรือปัญหาที่ศึกษา
- 3.2 สมมติฐาน
- 3.3 ตัวแปรที่ศึกษา
- 3.4 อุปกรณ์ / สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- 3.5 วิธีทดลอง
- 3.6 การบันทึกผลการทดลอง
- 3.7 การจัดกระทำกับข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล
- 3.8 การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง
- 3.9 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
- 3.10 เอกสารอ้างอิง

หมายเหตุ หัวข้อรายงานการทดลองข้างต้น มีความสอดคล้องกับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการทำโครงการวิทยาศาสตร์หรือการวิจัย ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรให้ความสนใจเป็นพิเศษในการตรวจรายงานการทดลองโดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน

สรุปได้ว่า พฤติกรรมการทดลองที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการจัดทำรายงานซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือในการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

เครื่องมือวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติ

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 89-99) ได้เสนอวิธีการวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะ

ปฏิบัติ สามารถกระทำได้หลายวิธีแต่ละวิธีมีความเหมาะสมแบบเฉพาะตัวกับสถานการณ์ต่างๆ วิธีที่นิยมใช้ในการวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติมีอยู่ 3 วิธีได้แก่ 1) การสังเกตและบันทึก 2) รายงานการทดลอง 3) การทดสอบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การสังเกตและบันทึก การสังเกต หมายถึง การติดตามดูการกระทำอย่างใกล้ชิดเพื่อให้ได้ข้อมูลการกระทำต่างๆ การสังเกตที่ดีต้องมีการวางแผน มีวัตถุประสงค์ และบันทึกผลการสังเกตไว้เป็นหลักฐาน การบันทึกผลการสังเกต อาจกระทำได้หลายวิธี กรอนลันด์(Gronlund. 1985 : 384) ได้แนะนำไว้ 3 วิธีดังนี้

1.1 การบันทึกย่อ(Anecdotal records) เป็นการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้สอนเห็นว่ามีความสำคัญควรแก่การบันทึก ไม่มีการกำหนดแบบฟอร์มที่ตายตัว ผู้บันทึกสามารถคิดแบบฟอร์มขึ้นใช้เองได้ตามความเหมาะสม

1.2 การจัดอันดับคุณภาพ(Rating scales) เป็นการบันทึกข้อมูล 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นพฤติกรรมและส่วนที่เป็นมาตราบอกระดับของการกระทำ(Scale) การบันทึกแบบนี้อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดอันดับแบบตัวเลข แบบกราฟ และแบบบรรยาย ฯลฯ

1.3 แบบตรวจสอบ(Checklist) เป็นแบบบันทึกการสังเกตที่ประกอบด้วยส่วนของรายการของพฤติกรรมและส่วนที่ให้ผู้สังเกตบันทึกผล แต่ไม่ได้บอกถึงคุณภาพหรือความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ดังนั้นแบบตรวจสอบจึงควรครอบคลุมรายการพฤติกรรมของทักษะปฏิบัติให้ครบถ้วน

2. รายงานการทดลอง คือเอกสารที่ผู้เรียนเรียบเรียงขึ้นโดยประมวลข้อมูลจากการทำการทดลองและจากเอกสารอ้างอิงที่ใช้ค้นคว้า โดยนิยมเขียนข้อมูลที่จำเป็นตามหัวข้อที่กำหนดซึ่งอาจทำเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลทั้งนี้ตามที่ผู้สอนกำหนด โดยทั่วไปนักเรียนระดับมัธยมศึกษาให้จัดทำรายงานเป็นกลุ่ม

3. การทดสอบ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้วัดผลการเรียนด้านทักษะปฏิบัติหรือทักษะการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และวิธีการที่นิยมใช้ในการวัดทักษะปฏิบัติได้แก่ การทดสอบภาคปฏิบัติ (Performance test) และ การทดสอบข้อเขียน (Paper-pencil test)

สรุปได้ว่า เครื่องมือวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยดัดแปลงมาจากแบบสังเกตและบันทึกผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านการปฏิบัติการทดลองของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 93-94) ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ 1) ด้านการวางแผนการทดลอง 2) ด้านการปฏิบัติการทดลอง 3) ด้านการจัดทำรายงานการทดลอง โดยแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินสภาพจริงโดยกำหนดคะแนนแบบรูบริก(Rubric scoring) การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ปรับปรุง มีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ

7. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เจตคติกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ศักดิ์ สุนทรเสณี (2528 : 1-3) ได้กล่าวถึงคำว่าเจตคติไว้ว่า เจตคติ (Attitude) มาจากคำว่า

"Aptus" ในภาษาละตินตรงกับคำว่าความเหมาะสม (Fitness) หรือการปรุ่่งแต่ง (Adaptedness) เจตคติเป็นพฤติกรรมที่เตรียมพร้อมทางสมองในการที่จะกระทำซึ่งจะบ่งบอกถึงหน้าที่ของสภาวะจิตใจหรือสภาพของอารมณ์ที่สลับซับซ้อนก่อนที่จะตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหา ดังนั้นเจตคติ หมายถึง การรวบรวมเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น (Opinion) ความเชื่อ (Beliefs : ซึ่งได้แก่ความรู้ต่างๆ) รวมทั้งความรู้สึกซึ่งอาจเป็นการประเมินทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกันแล้วบรรยายให้ถึงจุดแกนกลางของตัวตนนั้น ความรู้และความรู้สึกเหล่านี้มีแนวโน้มจะก่อให้เกิดพฤติกรรมชนิดใดชนิดหนึ่งขึ้นต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 28 (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 :

113-116 ; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 28) ได้กล่าวถึงจิตพิสัย (Affective domain) ว่าเป็นคุณลักษณะด้านหนึ่งที่เป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาเชิงการศึกษาที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดโดยพฤติกรรมด้านจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์จะเน้นที่เจตคติ 2 กลุ่ม คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยที่เจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีธรรมชาติเป็น"อารมณ์" และโน้มเอียงไปในเชิง"ศิลปะ" ในขณะที่เจตคติทางวิทยาศาสตร์มีธรรมชาติโน้มเอียงไปในทางเป็น"เหตุผล"และ"ศาสตร์" มากกว่า

สรุปได้ว่า เจตคติหรือจิตพิสัย เป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งจัดเป็นพฤติกรรมด้านหนึ่งทางการศึกษาโดยเฉพาะในการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งมีพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่แฝงไปด้วยพฤติกรรมความรู้สึกนึกคิดที่แสดงออกจากการปฏิบัติ ดังนั้นการเรียนรู้ของนักเรียนจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาพฤติกรรมด้านความรู้สึกนึกคิดหรือเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงผลของสิ่งที่ได้เรียนรู้และปฏิบัติ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาพฤติกรรมด้านความรู้สึกนึกคิดหรือเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118-119) ได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับวลี "เจตคติต่อ" ว่ามีนัยที่เปิดกว้างและจะมีความชัดเจนยิ่งขึ้นก็ต่อเมื่อระบุว่าเป็นเจตคติต่ออะไรโดยในส่วนของโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติได้ยึดกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 29-30) ดังนี้

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณและประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน

7. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ

8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากกรอบแนวคิดดังกล่าวเป็นการจัดเรียงพฤติกรรมด้านจิตพิสัยไว้ 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิดซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 1-4

2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออกซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 2 ส่วน คือ

2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนประกอบด้วยพฤติกรรม 5-7

2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ได้แก่พฤติกรรม 8 และ 9

สรุปได้ว่า "เจตคติต่อ" จะมีความชัดเจนยิ่งขึ้นก็ต่อเมื่อระบุว่าเป็นเจตคติต่ออะไร ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ศึกษาเกี่ยวกับเจตคติของนักเรียนต่องบปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยพฤติกรรม

2 ลักษณะ คือ 1) พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด 2) พฤติกรรมในระดับการแสดงออกประกอบด้วย

พฤติกรรมย่อย 2 ส่วนคือ การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนและการแสดงออกในระดับการนำไปใช้

การวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 122) การวัดผลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง(Typical performance) มิใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่(Maximum performance) ซึ่งเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ ความสามารถทั้งหลาย ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรมซึ่งบ่งชี้ว่าบุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร (คือสนับสนุน วางเฉย หรือคัดค้าน) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะโดยภาพรวมของเครื่องมือประเภทนี้จึงอยู่ในรูปมาตราส่วนประมาณค่าซึ่งเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อ

วิทยาศาสตร์ตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่าจัดเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบฉบับทั่วไป

เป็นเครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่าและนิยมใช้กันทั่วไปมี 3 วิธีคือ วิธีของ

เทอร์สโตน (Thurstone) วิธีของลิเคิร์ต (Likert) และวิธีของออสกู๊ด (Osgood) ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีของลิเคิร์ตเป็นเครื่องมือวัดโดยมีรายละเอียด ดังนี้

แบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)

มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าเชิงประมาวล (Summated rating scale) มีขั้นตอนการสร้างที่ง่ายกว่าวิธีของเทอร์สโตนโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ต้องใช้กลุ่มตัดสิน (Judge) เป็นผู้พิจารณา ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือของวิธีลิเคิร์ต(Likert) ดังนี้ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 125-127 ; อ้างอิงจาก ประทุม อัดชู. 2535 : 93-95)

1. สร้างข้อความที่เกี่ยวกับการแสดงเจตคติที่ต้องการศึกษาให้มากพอและครบถ้วน ครอบคลุมลักษณะข้อความจะเป็นทางบวกหรือนิเสธ(Positive) และทางลบหรือนิเสธ(Negative) เท่านั้นข้อความกลางๆ จะไม่นำมาใช้ในการสร้าง การเขียนข้อความให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีของเทอร์สโตน(Thurstone)ดังนี้

- 1.1 เป็นข้อความสั้นๆมีความเป็นปรนัยชัดเจน มีความหมายแน่นอน ไม่คลุมเครือ
- 1.2 ควรเป็นข้อความที่เป็นปัจจุบัน
- 1.3 ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ
- 1.4 ไม่ควรใช้ข้อความที่มีแนวโน้มว่าคนส่วนใหญ่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย
- 1.5 หลีกเลี่ยงข้อความที่ทราบข้อเท็จจริง (Fact) ของเรื่องนั้นๆ
- 1.6 เป็นข้อความที่จัดไว้เป็นส่วนตัวมากกว่าข้อความทั่วไป
- 1.7 ข้อความทั้งหมดควรครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา

2. กำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อความแต่ละข้อความ(ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย) เป็น 5

ระดับ คือ)

- 2.1 เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree)
- 2.2 เห็นด้วย (Agree)
- 2.3 ไม่แน่ใจ (Uncertain)
- 2.4 ไม่เห็นด้วย (Disagree)
- 2.5 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly disagree)

3. กำหนดคะแนนเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็น

4. นำข้อความและมาตรวัดมาจัดเป็นแบบวัดเจตคติตามรูปแบบตาราง 2 มิติ

5. นำไปทดลองใช้เพื่อให้ผู้ตอบตอบความรู้สึกที่แท้จริงและตรงกับความเห็นของผู้ตอบมากที่สุด(ไม่คำนึงถึงความถูกต้องหรือข้อเท็จจริง) กลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้ควรมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้จริง โดยมีจำนวนผู้ตอบไม่น้อยกว่า 5 เท่าของข้อความ

6. นำคำตอบของผู้ตอบแต่ละคนมาให้คะแนน โดยพิจารณาอย่างระมัดระวังว่าทิศทางของข้อความใดเป็นนิมานหรือนิเสธเนื่องจากคะแนนจะสวนทางหักล้างกัน คะแนนเจตคติของผู้ตอบแต่ละคนได้จากการรวมคะแนนของแต่ละข้อจนครบทุกข้อ

7. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อความแต่ละข้อความเพื่อให้ได้ข้อความที่สามารถแยกผู้ตอบที่มีเจตคติสูงออกจากผู้ที่มีเจตคติต่ำ

8. เลือกข้อความที่มีอำนาจจำแนกมาใช้เป็นข้อความวัดเจตคติ (อาจเรียกว่าแบบทดสอบฉบับร่าง) โดยมีจำนวนข้อความเชิงนิมานและเชิงนิเสธพอๆกัน

9. นำแบบทดสอบฉบับร่างไปหาค่าความเชื่อมั่นหรือค่าความเที่ยง

2. เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เสนอเพิ่มเติม

โครงสร้างของเครื่องมือประเภทนี้อาจจัดให้อยู่ในรูปของการเสนอสื่อหรือกิจกรรมที่เข้าร่วมแล้วให้ผู้เรียนประเมินตนเองโดยใช้รูปแบบของตาราง 2 มิติซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มิติหนึ่งและระดับพฤติกรรมอีกมิติหนึ่งดังนี้

1.1 กรณีการใช้สื่อเร้า

สิ่งที่กำหนด : กำหนดสื่อเร้า

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเร้าจากสื่อ
โดยแจกแจงตามพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

หมายเหตุ สื่อเร้าที่กำหนด(ให้ระบุสื่อเร้าอย่างใดอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้อง) เช่น จากการอ่าน
บทความ จากการอ่านชีวประวัติ ฯลฯ

2.2 กรณีการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ

สิ่งที่กำหนด : กิจกรรมที่เข้าร่วม

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเร้าจากสื่อ
โดยแจกแจงตามพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

หมายเหตุ กิจกรรมที่กำหนดให้ระบุชื่อกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่ผู้เรียนเข้าร่วม เช่น
การอภิปรายทางวิทยาศาสตร์ การเล่นเกมวิทยาศาสตร์ การทดลองปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

สรุปได้ว่า วิธีการสร้างเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีหลาย
วิธีซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามแบบ
ของลิเคิร์ตโดยดัดแปลงจากณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 :130) โดยพิจารณาความคิดเห็นหรือความรู้สึก

2 ด้านดังนี้ ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติ
การวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งมีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงนิมานและ
เชิงนิเสธ จำนวน 30 ข้อ โดยประเมินผลแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ 5 4 3 2 และ 1

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือชุดกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จัดเป็นส่วนสำคัญอย่าง
หนึ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ทักษะ
ปฏิบัติการ และเจตคติที่ดี ซึ่งผู้วิจัยได้สำรวจและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

สุนทรี วัฒนพันธ์ (2535 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและ
ความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงาน
วิทยาศาสตร์ประเภททดลองกับที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

และความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลองกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุมาลี ดำรงไชย (2537 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัตถุในห้องกับการสอนตามคู่มือครู พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัตถุในห้องสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วิโรจน์ เณยสุข (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์วิชาชีววิทยาและทักษะกระบวนการทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติสูงกว่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองและแบบปกติหลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรมจิตร บุญสาย (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผลการทดลองพบว่า จากการนำหลักสูตรที่พัฒนาไปจัดประชุมปฏิบัติการให้ครูผู้สอนลงนำไปทดลองสอนเป็นเวลา 1 ภาคเรียนโดยใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คนของโรงเรียนปราชญ์ราษฎร์บำรุง จังหวัดปราชญ์บุรี เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย(ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านจิตพิสัย(เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ)และด้านทักษะพิสัย(ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนทดลองสอนและนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนทุกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของสสวท.

อรอุมา ละมุล (2541 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาผลการทดลองใช้เบื้องต้นกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 และเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80 การวิจัยดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ 1) การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำและศึกษาคุณภาพของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก 2) พัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ 3) ทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน คือนักเรียนโรงเรียนโคกกระเทียมวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี จำนวน 30 คน สอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยคู่มือครูที่ใช้ประกอบการสอน วัดผลการเรียนรู้จากคำถามท้ายการทดลอง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ผลการวิจัยพบว่า 1) วัสดุธรรมชาติทุกชนิดคือ แกลบ ชี้อยู่ ฟางข้าว และผักตบชวา สามารถดูดซับโลหะทองแดงและนิกเกิลได้ ซึ่งความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุธรรมชาติ ตรวจสอบได้โดยการเทียบสีของสารละลายที่ทำปฏิกิริยากับลิแกนด์ นำผลการทดลองที่ได้ไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) จากผลการทดลองพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักได้ 7 บทโดยค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก 3) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.11/80.27

ศิริกานต์ ผาสุข (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่องการสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้พืชสมุนไพรที่ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยและสเตอรอยด์ 2) ผลการทดลองที่ได้จากห้องปฏิบัติการนำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการ 3) บทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการมีค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างวัตถุประสงค์กับเนื้อหา วัตถุประสงค์กับวิธีการทดลองและวัตถุประสงค์กับคำถามท้ายการทดลองระหว่าง 0.56 ถึง 1.00 แสดงว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสำหรับนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนได้

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสาร ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 81.19/80.33 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รวมทั้งความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก

งานวิจัยต่างประเทศ

คลาก (Klag. 1990 : 2989-A) ศึกษาผลการฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่มีต่อเจตคติและความชำนาญในการนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครูฝึกสอนซึ่งได้รับการฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรม พบว่า 252 กิจกรรมและบทเรียนเป็นจำนวนมากที่เกี่ยวกับการฝึกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ครูฝึกสอนที่ได้รับการสอนโดยฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์มีความชำนาญในการนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพในการปฏิบัติงานจริงในห้องเรียนสูงขึ้น

เซอร์ลิน (Serlin 1977 : 5729-A) ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 แบบ โดยแบบแรกนักเรียนได้รับคำแนะนำบอกรายละเอียด วิธีทำปฏิบัติการให้ทั้งหมด แบบที่สองครูจะสอนว่าจะแก้ปัญหาอย่างไรและช่วยออกแบบการทดลองให้ด้วยให้นักเรียนเข้าร่วมในการทดลอง 372 คนจำนวน 16 ห้องเรียนครู 76 คน ระหว่างสอนมีการประเมินพฤติกรรมการสอนโดยการสังเกตบันทึกแบบระบบการศึกษา

ห้องเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์คำถามเพื่อทดสอบว่าครูที่สอนนักเรียนคนละวิธีนี้สอนภาคทฤษฎีเหมือนกัน การวัดผลใช้แบบสอบประเมินความคิดวิเคราะห์ของวัตสัน เกล์เซอร์ และแบบสอบกระบวนการวิทยาศาสตร์ทดสอบเริ่มเรียนและสันนิษฐานการศึกษา ผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างในด้านการคิดวิเคราะห์และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียน 2 วิธีต่างกัน นอกจากนี้ยังไม่ปรากฏความแตกต่างในด้านพฤติกรรมในห้องเรียน จำนวนคำถามที่ครูใช้ถามนักเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางเนื้อหาวิชาของนักเรียนอีกด้วย

โคลิบาส (Kolebas. 1972 : 4443-A) ทำการศึกษาเจตคติของนักเรียนและครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาของคูเวต ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียน โรงเรียนมัธยมศึกษาจำนวน 1,480 คน และครูที่สอนนักเรียนที่เป็นตัวอย่างประชากรจำนวน 51 คน จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความเห็นว่าการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น น่าสนใจ และเป็นประโยชน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามนักเรียนยังไม่แน่ใจในความสามารถของตนเองในการที่จะทำการทดลองมากกว่านักเรียนชายที่อยู่นอกเมือง ครูวิทยาศาสตร์และนักเรียนทั้งอยู่ในเมืองและรอบๆเมือง คูเวตมีเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในทางบวกสูงกว่าครูวิทยาศาสตร์และนักเรียนที่อยู่นอกเมือง

โอเคบูโคลา (Okebukola. 1985 : 221-231) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของฮอฟสตัน พบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวก

จากการศึกษาและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งงานวิจัยภายในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มุ่งศึกษาผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในการเรียนการสอนให้กับนักเรียนให้เกิดทักษะปฏิบัติการที่นักเรียนได้ปฏิบัติจริง มีการวางแผนการทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง บันทึกผลการทดลองตลอดจนสรุปผลการทดลองอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้จนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ในทางบวก

8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

สำหรับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ซึ่งเดิมเป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งได้มีงานวิจัยทั้งในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ ผู้วิจัยได้คัดเลือกและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

กัญญา ภิญญกิจ (2538 : บทคัดย่อ) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยการทำโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วัชร เลียนบรรจง (2539 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 35 คน ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

มณีรัตน์ เกตุไสว (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านโมเมนตัมทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านโมเมนตัมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอน ด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองที่นักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้พร้อมทั้งเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากการทดลองแตกต่างจากที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองตามคู่มือครูของสสวท.อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บุญยิ่ง วรรณศิริกุล (2540 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามปกติ ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจ โดยใช้แบบฝึกการแก้ปัญหาสูงกว่าความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชลสิทธิ์ จันทาสี (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจในทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุดมลักษณ์ นกฟุ้งพุ่ม (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกกระบวนการคิดกับการสอนโดยใช้ผังมโนเมติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกกระบวนการคิดกับการสอนโดยใช้ผังมโนเมติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ศิริลักษณ์ หนองเส (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม ส่งเสริมศักยภาพทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูมีความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และด้านความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

ลินเชย์ (Lindsay. 1974 : 7068-A) ศึกษาผลการสอนโดยวิธีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง(Student-centered) วิธีตามโปรแกรมเคมีสตั๊ดดี(Chem Study) และวิธีครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher-centered) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสนใจทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนที่เรียนเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 76 คน ผลการศึกษาพบว่า การสอนโดยวิธีนักเรียนเป็นศูนย์กลางจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ถูกสอนโดยวิธีตามโปรแกรมเคมีสตั๊ดดี (Chem study) และวิธีครูเป็นศูนย์กลางและเพศของนักเรียนไม่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเมื่อความสนใจทางวิทยาศาสตร์หรือความคิดสร้างสรรค์เปลี่ยนแปลงไป

เดวิส (Davis. 1976 : 4164-A) ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการค้นพบและแนวทางกับการสอนแบบครูบอกให้รู้ตามตำราที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาจำนวน 103 คนแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 50 คนได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และค้นพบซึ่งแนวทาง กลุ่มควบคุม 53 คน ได้รับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ผลการทดสอบพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

มาฮาน (Mahan. 1970 : 309-316-A) ศึกษาผลการสอนของครู 2 แบบคือการสอนแบบบรรยายประกอบการอภิปรายและวิธีสอนแบบแก้ปัญหากลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 ใช้เกณฑ์ในการตัดสินคือระดับสติปัญญา คุณวุฒิของครูผู้สอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับใกล้เคียงกันหลังจากการเรียนการสอนผ่านไป 1 ปีแล้วทำการสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชายมีความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มากขึ้นและสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้นักเรียนที่อ่อนมีความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และมีทักษะในการแก้ปัญหามากขึ้น

จากการศึกษาและประมวลงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชุดกิจกรรมและแบบฝึกการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลจากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยการลงมือปฏิบัติจริงจากชุดกิจกรรมและแบบฝึกการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียน ได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติการทดลองจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และส่งเสริมทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ

8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ

ทางวิทยาศาสตร์

สำหรับทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หรือทักษะปฏิบัติการทดลองในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ถือเป็นส่วนสำคัญในการฝึกให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยได้ประมวลและสรุปไว้ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

อมรรัตน์ เชิงรู้ (2530 : บทคัดย่อ) ศึกษาทักษะพื้นฐานในการทดลองวิชาเคมีของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 265 คน โดยทำการสังเกตทักษะ

พื้นฐานในการทดลองวิชาเคมี จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะพื้นฐานในการทดลองวิชาเคมีในแต่ละด้านของนักเรียน อยู่ในเกณฑ์ดีมากคือ ทักษะการวัดปริมาตรของของเหลวโดยใช้กระบอกจัตยา ทักษะการถ่ายเทสารเคมีที่เป็นของเหลว และทักษะการตกลิ่นสารเคมี ส่วนทักษะอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง และนักเรียนหญิงมีทักษะพื้นฐานในการทดลองวิชาเคมี ดีกว่านักเรียนชาย ในทักษะการวัดปริมาตรของของเหลวโดยใช้กระบอกจัตยา ทักษะการวัดมวลของสารโดยใช้เครื่องชั่งชนิดจานเดียว ทักษะการวัดอุณหภูมิของของเหลวโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ทักษะการกรองด้วยกระดาษกรอง ทักษะการทดสอบความเป็นกรดเป็นเบสด้วยกระดาษลิตมัส และระหว่างโรงเรียนขนาดใหญ่กับโรงเรียนขนาดกลางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .01

รัชณี บุญเรือง (2535 : 118) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนโดยการประยุกต์กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพกับการสอนตามคู่มือครูของสสวท. ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการประยุกต์กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสสวท. ไม่แตกต่างกัน 2) ความสามารถในการด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง และความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการสอนโดยการประยุกต์กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสสวท. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วารี เอกสาร (2537 : บทคัดย่อ) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการทาง

วิทยาศาสตร์จากแบบสอบวัดภาคปฏิบัติ กับแบบสอบข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัด

กาญจนบุรี ผลการวิจัยพบว่า คะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .7965 และคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบภาคปฏิบัติกับแบบสอบข้อเขียนด้านเทคนิคการทดลอง การดำเนินการทดลอง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการ และความเป็นระเบียบเรียบร้อย มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .623 .4995 .1942 และ .3860 ตามลำดับ

จิรพรรณ ทะเขียว (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มีทักษะภาคปฏิบัติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

งานวิจัยต่างประเทศ

บีสเลย์และเฮิบकिन (Beasley & Heibkinen, 1983) ศึกษาเรื่องการใช้เทคนิค ผูกการคิดพิจารณา ทบทวนด้วยตนเองเพื่อฝึกทักษะการทดลองของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี ในการใช้เครื่องมือทดลอง ดาซัง ปิเปตต์ บิวเรตต์และการใช้ขวดปริมาตร แบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มลงมือปฏิบัติ กลุ่มใช้ความคิดพิจารณา ทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น กลุ่มลงมือปฏิบัติและใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่จบชั้นมัธยมศึกษาชั้นขาดเทคนิคการใช้ขวดหาปริมาตรจากการเรียนวิชาเคมี การวางแผนการฝึกปฏิบัติจะปรับปรุงการปฏิบัติการทดลองได้ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการใช้วิธีลงมือปฏิบัติและการใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

มาร์ทาร์ (Martar, 1986) ศึกษาความต้องการในวิชาชีพของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้แบบสอบถามกับครูวิทยาศาสตร์ ปรากฏว่า ครูมีความต้องการเป็นอย่างมากในเรื่องความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทดลอง และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดให้มีขึ้น และมีความต้องการน้อยกว่าในเรื่องของการวางแผน การประเมินผล และการจัดการกับวิธีสอน และการปรับปรุงตนเอง การมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์เป็นตัวแทนที่มีอิทธิพลสูง ส่วนวิชาเอก และวิชาที่สอนมีอิทธิพลน้อย

บีสลีย์ (Beasley, 1979 : 5428-5436A) ศึกษาผลของการฝึกทักษะภาคปฏิบัติโดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการติดต่อการทำปฏิบัติการทดลองเคมี ของนักเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติด้วยทักษะการทดลองอย่างเดียว ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว และผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง และการคิดร่วมกันโดยแบ่งนักศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม การประเมินผลปฏิบัติการทดลองใช้เกณฑ์ในการประเมิน 2 เกณฑ์ คือความถูกต้องแม่นยำ และความคงที่แน่นอน โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาขณะทำการทดลอง ทำการสังเกต

2 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน จากการศึกษาพบว่า ทักษะภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่างๆ ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะภาคปฏิบัติการทดลอง แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่าการฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลองทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ

แม็คเบ็ธ (Macbeth, 1974 : 45-51) ศึกษาขอบเขตความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนอนุบาลกับ นักเรียนเกรด 3 จากการศึกษาพบว่า การสอนโดยให้เด็กอนุบาลได้ทำการทดลองด้วยตนเองจะช่วยให้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเด็กอนุบาลได้ดีกว่าเด็กที่มีอายุมากกว่าและการสอนเด็กเล็กๆ ได้ทดลองด้วยตนเองไม่ได้ผล สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากทักษะทางด้านการพูดและการติดต่อสื่อสาร โดยให้ข้อเสนอแนะว่า

การใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในระดับสูงขึ้นควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองใช้อุปกรณ์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้และทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับอายุ และพัฒนาการระดับสติปัญญาของเด็ก การสอนโดยให้นักเรียนได้เรียนจากของจริง มีผลต่อการเรียนของเด็กเล็กมากกว่าเด็กโต

จากงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ พบว่าการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างแท้จริงจะให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นทำให้พื้นฐานการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดีและส่งผลต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับสูงต่อไป ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ได้ศึกษาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาระการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร

8.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาและประมวลงานวิจัยในด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นเจตคติที่สอดคล้องกับการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยมีรายละเอียด ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

บุปผชาติ เรื่องสุวรรณ (2530 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมและด้านต่างๆของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนชายมีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนหญิงในด้านความเชื่อมั่นในการเรียนวิทยาศาสตร์และด้านการยอมรับเจตคติของบิดา ส่วนนักเรียนหญิงมีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวม และด้านที่เหลือนักเรียนชาย ยกเว้นด้านแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์มีนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

สุวิทย์ วงษาไฮ (2532 : บทคัดย่อ) ศึกษาและเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมและด้านต่างๆของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนหญิงมีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมและเกือบทุกด้านมากกว่านักเรียนชายยกเว้นด้านความเชื่อมั่นในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนชายมีเจตคติในทางบวกมากกว่านักเรียนหญิง

เกื้อกุล ดวงจันทร์ทิพย์ (2534 : บทคัดย่อ) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้สภาพแวดล้อมในการเรียนวิทยาศาสตร์กับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า นักเรียนหญิงมีเจตคติทางบวกสูงกว่านักเรียนชายและนักเรียนชายมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ด้านความเชื่อมั่นในการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนหญิง

อภิญา สุวรรณสิทธิ์ (2540 : 195) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และการรับรู้สภาพแวดล้อมในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดกรมสามัญศึกษาและสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ พบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามสังกัดของโรงเรียนและประสบการณ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมเป็นรายด้าน จำนวน 4 ด้านคือ ด้านประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการรับรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของผู้ชาย ด้านความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์ และด้านแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.5351-3.9413)

ธนากร ศรีดารา (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษาเทศบาลเขตการศึกษา 10 โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มี 8 ด้านคือประโยชน์ของวิทยาศาสตร์ ความเชื่อมั่นในการเรียนวิทยาศาสตร์ ด้านการยอมรับว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของผู้ชาย การยอมรับเจตคติของบิดา การรับรู้เจตคติของมารดา การรับรู้เจตคติของครู ความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมมีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์โดยรวมและรายด้าน 6 ด้าน อยู่ในระดับปานกลาง และอีก 2 ด้านคือประโยชน์ ของวิทยาศาสตร์และการยอมรับว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของผู้ชายอยู่ในระดับมาก นักเรียนหญิงมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยรวมและรายด้าน 8 ด้านมากกว่านักเรียนชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

เซลิม (Selim. 1982 : 3001-A) ศึกษาผลการสอนแบบให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและการสอนแบบบรรยายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ 5 ในประเทศอียิปต์ ทำการทดสอบด้าน Non-Verbal Intelligene Test พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเองและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

อียเคน (Aiken. 1979 : 229-234) ศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ 6, 7 และ 8 ของประเทศอิหร่านจำนวน 100 คนเป็นนักเรียนชายจำนวน 50 คนเป็นนักเรียนหญิง 50 คน ผลการศึกษาพบว่า

1. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกัน
2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชายเพิ่มขึ้นเมื่อระดับชั้นเรียนสูงสุด

แมคมิลแลน และ เมย์ (McMillan & Mey. 1979 : 218-220) ศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการศึกษาพบว่า สิ่งที่มีอิทธิพลกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

1. กิจกรรมในชั้นเรียน โดยร้อยละ 70 ของนักเรียนเห็นว่าการทดลอง การสืบเสาะ และกิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติมีอิทธิพลต่อความชอบวิทยาศาสตร์มากที่สุดและร้อยละ 35 ของนักเรียนเห็นว่าการเขียนงานที่มอบหมายให้ซึ่งรวมทั้งการเขียนรายงานและการรายงานผลการทดลองเป็นสิ่งที่นักเรียนชอบน้อยที่สุดร้อยละ 25 บอกว่าชอบการทดลองน้อยที่สุด

2. ครู โดยบุคลิกของครูนักเรียนหญิงเห็นว่าลักษณะบุคลิกของครูมีผลต่อความชอบหรือไม่ชอบวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนชายถึง 3 เท่าและสิ่งที่ครูปฏิบัตินักเรียนชายเห็นว่าสิ่งที่ครูช่วยให้พวกเขาชอบวิทยาศาสตร์มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งการช่วยในการทดลองและการให้ความอิสระแก่นักเรียน

3. พ่อแม่ โดยร้อยละ 84 ของนักเรียนชายและร้อยละ 67 ของนักเรียนหญิงเห็นว่าพ่อแม่ไม่มีอิทธิพลต่อการชอบหรือไม่ชอบวิทยาศาสตร์

เอย์ริส และไพรส์ (Ayres & Price. 1975 : 311-318) ศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ 4-8 เฉพาะในเรื่องระดับชั้นเรียน พบว่า นักเรียนระดับ 4 มีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนระดับ 5 นักเรียนระดับ 6 มีเจตคติทางลบต่อวิทยาศาสตร์มากที่สุด นักเรียนระดับ 7 มีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนระดับ 6 และเจตคตินักเรียนระดับ 8 ไม่เป็นทั้งทางบวกสูงสุดและทางลบสูงสุดแต่อยู่ในระดับปานกลาง

บานู (Banu. 1985 : 2055-A) ศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนกินนอน (Public Boarding School) ในรัฐคองโกลา ประเทศไนจีเรียเฉพาะในเรื่องเพศ พบว่านักเรียนชายมีเจตคติทางบวกมากกว่านักเรียนหญิง

จากการศึกษาและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ พบว่า ครูผู้สอนสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้โดยการจัดรูปแบบกระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลายส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดปฏิบัติอยู่เสมอและคอยแนะนำให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดมีรูปแบบการเรียนการสอนที่น่าสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิด และตัดสินใจในการจัดการเรียนการสอนให้มากที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ 75/75

ตอนที่ 3 การนำทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ตอนที่ 1 การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การร่างทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดำเนินการดังนี้

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ 1) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 2) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2545 และ 3) เอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ทำการศึกษาและวิเคราะห์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับการนำมาพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำผลการศึกษาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 มากำหนดกิจกรรมทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 1.1) เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าและบทปฏิบัติการที่ 1.2) เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

1.2 เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการที่ 2.1) เรื่อง ความร้อนกับเปลี่ยนสถานะของสาร และ บทปฏิบัติการที่ 2.2) เรื่อง ละลายเร็ว-ละลายช้า

1.3 เรื่องที่ 3 ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 3.1) เรื่อง การทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูนและบทปฏิบัติการที่ 3.2) เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

1.4 เรื่องที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือบทปฏิบัติการที่ 4.1) เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรดและบทปฏิบัติการที่ 4.2) เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

2. การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

นำบทปฏิบัติการที่ได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและความเหมาะสมของบทปฏิบัติการ แล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนซึ่งแต่ละบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอน คือตอนที่ 1 นักเรียนทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นและตอนที่ 2 นักเรียนทำการทดลองในลักษณะกิจกรรมลองคิด-ลองทำโดยดัดแปลงอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง ซึ่งศึกษาแนวทางในการดัดแปลงจากบทสนทนาของตัวการ์ตูน บทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนดังกล่าว มีสาระนอกเหนือจากส่วนที่เป็นการทดลองจากห้องปฏิบัติการ ดังนี้

2.1 นักเรียนทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่ออกแบบไว้(ดูภาคผนวก ข)

2.2 นักเรียนศึกษาและดัดแปลงการใช้อุปกรณ์ สารเคมีและขั้นตอนการทดลองแต่ละบทปฏิบัติการดังต่อไปนี้

1. บทปฏิบัติการที่ 1.1 เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนน้ำกลั่นและสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้แก่ น้ำประปาคูลง น้ำบาดาล สารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารโซเดียมคลอไรด์ สารโซเดียมซัลเฟต และใช้แท่งคาร์บอนบริสุทธิเป็นขั้วไฟฟ้าในการทดลอง

2. บทปฏิบัติการที่ 1.2 เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนกระดาษลิตมัสเพื่อทดสอบก๊าซคลอรีน ได้แก่ กลีบดอกไม้(ที่มีลักษณะกลีบดอกบาง) กระดาษลิตมัสจากสีดอกไม้ และใช้แท่งคาร์บอนบริสุทธิเป็นขั้วไฟฟ้าเช่นเดียวกับการทดลองเรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

3. บทปฏิบัติการที่ 2.1 เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนพาราฟินและเมล็ดถั่วลิสงได้แก่ เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่วชนิดอื่นๆ และสารในสถานะของเหลวหรือของแข็งชนิดอื่นแทนพาราฟิน

4. บทปฏิบัติการที่ 2.2 เรื่องละลายเร็ว-ละลายช้า

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนตัวถูกละลายและตัวทำละลายได้แก่ ผงชูรส น้ำตาลทราย และน้ำส้มสายชู น้ำปูนใส น้ำมันพืชตามลำดับ

5. บทปฏิบัติการที่ 3.1 เรื่องการทำปฏิกิริยาหมักจากหินปูน

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนหินปูนได้แก่ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม

6. บทปฏิบัติการที่ 3.2 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนเหล็ก(ตะปู)ได้แก่ ไข่มดกัดเตอร์ เข็มหมุด โดยศึกษาวิธีป้องกันการเกิดสนิมด้วยการเคลือบสารชนิดต่างๆเช่น น้ำมันพืช น้ำมันเครื่อง พาราฟิน วาสลิน

7. บทปฏิบัติการที่ 4.1 เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนเปลือกไข่ไก่ได้แก่ เปลือกไข่เป็ด เปลือกไข่นกกระทา

8. บทปฏิบัติการที่ 4.2 เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

ตัวอย่างอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดแทนน้ำอัดลมได้แก่ วุ้น เยลลี่ ซอส น้ำหวาน ซึ่งอาจจะเปรียบเทียบกับสีผสมอาหารที่ได้จากสีธรรมชาติ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทมีองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนที่จะนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน โดยดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 1) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 2) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพุทธศักราช 2545 3) เอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น รวมทั้งเอกสารที่เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้สารและสมบัติของสาร

2. ศึกษาสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ คำอธิบายรายวิชาสาระที่ : 3 สาร และสมบัติของสาร จุดประสงค์ รวมทั้งเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสร้างคู่มือประกอบการสอน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1)ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) จุดประสงค์การเรียนรู้ 3) จุดประสงค์การทดลอง 4) อุปกรณ์และสารเคมี 5) เวลาที่ใช้ 6) การเตรียมล่วงหน้า 7) การอภิปรายก่อนการทดลอง 8) แนวการตั้งปัญหา 9) แนวการตั้ง สมมติฐาน 10) ตัวอย่างผลการทดลอง 11) การอภิปรายหลังการทดลอง 12) แนวการตอบคำถามท้ายบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 13) คำแนะนำเพิ่มเติม

3. นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการ ที่ปรึกษาปริญญาโท

3. การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านซึ่งประกอบด้วย ผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปีจำนวน 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมีที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปีจำนวน 2 ท่าน นักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน ผู้สอน วิชาวัดและประเมินผลที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปีจำนวน 1 ท่านโดยนำเสนอเป็นลำดับดังนี้ อาจารย์กรุณีย์ สุบิน โรงเรียนราชวินิตบางแคปานขำ กรุงเทพมหานคร อาจารย์ ดร.ศิริกานต์ ผาสุก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตกรรณ อาจารย์วันิดา อยู่ยั้ง โรงเรียน จุฬารัตนราชวิทยาลัยปทุมธานี อาจารย์ ดร.วีระพงษ์ แสง-ชูโต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และรองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อตรวจสอบความ เที่ยงตรงเชิงเนื้อหา(Content Validity) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)ตั้งแต่ .50 ขึ้นไปและนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุง แก้ไข ซึ่งกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องดังนี้

+1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

องค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ในความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้

1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

2.1 หลักการ

2.2 จุดประสงค์การทดลอง

2.3 อุปกรณ์และสารเคมี

2.4 วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง

3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) อยู่ในช่วง .89 - .98 (ดูภาคผนวก ค) และนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อให้สมบูรณ์และเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าในส่วนใบความรู้ควรเพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับสารเนื้อเดียว สารเนื้อผสม สารละลายและสารบริสุทธิ์
- 2) เอกสารรายงานผลการทดลองควรเพิ่มหัวข้อการตั้งปัญหาแล้วคิดหาคำตอบจากการทดลองโดยทำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายในการทดลองยิ่งขึ้น
- 3) ควรมีรูปแสดงการทดลองประกอบจะทำให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น
- 4) ใบความรู้อย่าใช้การเชื่อมโยงที่ยาก
- 5) ตรวจสอบ และปรับรูปแบบให้เหมาะสมเป็นระบบ เช่น ขนาดตัวอักษร
- 6) ตรวจสอบการใช้สารเคมีบางชนิดซึ่งนักเรียนอาจแพ้ได้ เช่นควรใช้สารโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) แทนสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปประเมินคุณภาพ

4. การประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านที่เป็นชุดเดียวกับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดคะแนนของระดับความคิดเห็นแต่ละช่วง ดังนี้

- ระดับคะแนน 5 หมายถึง ดีมาก
- ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดี
- ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง
- ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้
- ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

ส่วนการให้ความหมายใช้การแปลความจากช่วงของค่าเฉลี่ยรายข้อ ดังนี้

- คะแนนเฉลี่ย 3.67 – 5.00 หมายถึง ดีมาก
- คะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.66 หมายถึง ดี
- คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 2.33 หมายถึง พอใช้

ผลการประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ทุกบทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก (ดูภาคผนวก ง)

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ 75/75

การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร โดยศึกษาจากผลการวิจัยนักร้อง ดังนี้

2.1 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนต่างๆ คือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยและการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนได้ข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไข ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 3 คน

ข้อเสนอแนะและข้อสังเกตจากผู้วิจัย	การแก้ไขปรับปรุง
1.เอกสารรายงานผลการทดลองมีเนื้อที่กระ다ษในการเขียนน้อยเกินไป	1.เพิ่มเนื้อที่กระ다ษในการเขียนรายงานผลการทดลอง
2.การใช้ข้อสังเกตสารในขั้นตอนการทดลองของบทปฏิบัติการที่ 2.1 และ 2.2 ได้ปริมาณสารที่ไม่แน่นอน	2. ใช้เครื่องชั่งแทนการใช้ข้อสังเกตสาร

2.2 การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้เป็นค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น และปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อนจำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คนรวม 9 คน โดยนำค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทระหว่างเรียนมาคิดเป็นร้อยละและเปรียบเทียบกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียน เพื่อกำหนดค่าเกณฑ์ 75/75

2.3 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 75/75 โดยทดลองสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันคือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คนรวม 15 คน พร้อมประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณภาพของบทปฏิบัติการในส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 แล้วสรุปคะแนนจากค่าเฉลี่ยรายข้อของแต่ละบทปฏิบัติการ ซึ่งผลการประเมินในแต่ละบทปฏิบัติการและโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.49 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก (ดูภาคผนวก ง)

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนในชั้นปีที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) ของโรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 12 ห้องเรียนมีจำนวนนักเรียนประมาณ 519 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนจำนวน 30 คนที่สุ่มจากประชากรดังกล่าวด้วยวิธีการสุ่มแบบจัดกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสอน

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นปีที่ 3

2) ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนแยกเป็น

1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

2) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2 เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นปีที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) ซึ่งประกอบด้วย 4 เรื่อง จำนวน 8 บทปฏิบัติการ

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน

การวิจัยครั้งนี้ ทำการทดลองสอนนักเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 8 ครั้ง ครั้งละ 2 คาบ รวม 16 คาบ

ตาราง 7 แสดงการใช้ระยะเวลาในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ครั้งที่	จำนวนคาบ	เรื่อง	บทปฏิบัติการที่	การประเมินขณะ ปฏิบัติการ
1	2	ธาตุและสารประกอบ	1.1 การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า	ทักษะปฏิบัติการ
2	2		1.2 การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า	ทักษะปฏิบัติการ
3	2	การเปลี่ยนแปลงสถานะและการเกิดสารละลาย	การเปลี่ยนแปลงสถานะ 2.1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร	ทักษะปฏิบัติการ
4	2		การเกิดสารละลาย 2.2 ละลายเร็ว-ละลายช้า	ทักษะปฏิบัติการ
5	2	ปฏิกิริยาเคมี	3.1 การทำปฏิกิริยาจากหินปูน	ทักษะปฏิบัติการ
6	2		3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก	ทักษะปฏิบัติการ
7	2	ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม	4.1 เปลี่ยนไขปรับสภาพดินกรด	ทักษะปฏิบัติการ
8	2		4.2 การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร	ทักษะปฏิบัติการ

เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน**เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน มีดังนี้**

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย ดำเนินการดังนี้**1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้**

การสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้าน พุทธิพิสัยของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 40-80) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างตารางจำแนกข้อสอบ(ดังตาราง 8) แล้วนำผลที่ได้มาสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ(4 ตัวเลือก) จำนวน 100 ข้อ โดยมีพฤติกรรม 4 ด้านดังนี้

- 2.1 ด้านความรู้-ความจำ
- 2.2 ด้านความเข้าใจ
- 2.3 ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 2.4 ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ตาราง 8 แสดงการจำแนกข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของพฤติกรรม 4 ด้าน

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านที่*				รวม ข้อ	ลำดับ ความ สำคัญ
	1	2	3	4		
1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับธาตุและสารประกอบพร้อมบอกประโยชน์ได้	1	-	-	-	1	6
2. ทดลองและอธิบายหลักการแยกสลายสารด้วยไฟฟ้าพร้อมทั้งบอกสมบัติของสารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้	-	1	5	-	6	2
3. ยกตัวอย่างและบอกชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารในชีวิตประจำวันได้	-	1	-	2	3	4
4. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของสารพร้อมนำหลักการไปใช้ประโยชน์ได้	1	-	1	-	2	5
5. ทดลองและอธิบายปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการละลายของสารได้	-	2	5	-	7	1
6. อธิบายและบอกองค์ประกอบของสารละลายในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้	1	1	1	-	3	4
7. ทดลองและอธิบายหลักการรวมทั้งขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารได้	-	2	-	-	2	5
8. บอกประโยชน์และโทษรวมทั้งวิธีป้องกันอย่างง่ายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	1	2	2	5	3
9. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม	-	1	2	1	5	3
10. อธิบายและยกตัวอย่างการใช้สารเคมีในกิจกรรมต่างๆของมนุษย์และระบุผลต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเสนอแนะแนวทางในการป้องกันแก้ไข	2	1	1	3	7	1
รวม	5	10	17	8	40	-

หมายเหตุ พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านที่* คือ

- 1 = ความรู้ - ความจำ
- 2 = ความเข้าใจ
- 3 = กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 4 = การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับชุดที่ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา(Content validity)ของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปแล้วนำข้อเสนอนี้มาปรับปรุงแก้ไข (ดูภาคผนวก ค)

4) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3) โรงเรียนราชวินิตบางแคปานขำ กรุงเทพมหานครจำนวน 115 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(p) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 27 % ของจุดเต็ม

5) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย(p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก(r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปจำนวน 40 ข้อ (ดูภาคผนวก ง)

6) นำข้อสอบที่คัดเลือกมาหาค่าความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน(Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร K-R 20 ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.95 (ดูภาคผนวก ง)

7) นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

2. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ดำเนินการ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, (2542 : 82-112) รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินตามสภาพจริงโดยอิงเกณฑ์รูบริก(Rubric) ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 205-209) เป็นการให้คะแนนภาพรวม(Holisticscore) และการให้คะแนนแยกองค์ประกอบ(Analytic score)

3) สร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินสภาพจริง โดยกำหนดคะแนนแบบรูบริก(Rubric scoring) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ(Analytic score) แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ปรับปรุง โดยมีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบสังเกตและบันทึกผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการปฏิบัติการทดลอง ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, (2542 : 81-112) โดยแยกการประเมินเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยด้านการวางแผนการทดลองและด้านปฏิบัติการทดลอง โดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมินดังนี้

1. ด้านการวางแผนการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- 1) มีการปรึกษาหารือ(กับผู้ที่เกี่ยวข้อง)เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน
- 4) มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม

2. ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น

2.1 เทคนิคการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง
- อ่านค่าและตรวจได้อย่างถูกต้อง
- ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว
- ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์
- มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง
- ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
- ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน 5	หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	4 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก
ระดับคะแนน 4	หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	3 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ดี
ระดับคะแนน 3	หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	2 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง
ระดับคะแนน 2	หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	1 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้
ระดับคะแนน 1	หมายถึงไม่มีพฤติกรรมแสดงออก	มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

การบันทึกผลการประเมิน ดำเนินการดังนี้

1. ผู้ประเมินประกอบด้วยตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินกลุ่มตนเอง และครูผู้สอนประเมิน

แต่ละกลุ่ม

2. สรุปคะแนนโดยรวมคะแนนจากผู้ประเมินทั้งสองส่วนแล้วหาค่าเฉลี่ย
3. ให้ผู้ประเมินให้คะแนนตามสภาพจริง
4. บันทึกผลลงในแบบบันทึกการประเมิน (ดูภาคผนวก จ)

ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ผู้วิจัยทำการประเมินเป็นรายบุคคล

หลังจากนักเรียนปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละบทปฏิบัติการ โดยประเมินองค์ประกอบของรายงาน ดังนี้

1. จุดประสงค์การทดลอง
2. สมมติฐานการทดลอง
3. ผลการทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง
5. คำถามท้ายการทดลอง

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน 5	หมายถึงเขียนถูกต้อง	4-5 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก
ระดับคะแนน 4	หมายถึงเขียนถูกต้อง	3 องค์ประกอบมีทักษะปฏิบัติระดับ ดี
ระดับคะแนน 3	หมายถึงเขียนถูกต้อง	2 องค์ประกอบมีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง
ระดับคะแนน 2	หมายถึงเขียนถูกต้อง	1 องค์ประกอบมีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้
ระดับคะแนน 1	หมายถึงเขียนไม่ถูกต้องทุกองค์ประกอบ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

การบันทึกผลการประเมิน ดำเนินการดังนี้

1. ทำการประเมินโดยครูผู้สอนเป็นรายบุคคลซึ่งรวมคะแนนในตอนต้นที่ 1 และตอนที่ 2 แล้วหาค่าเฉลี่ย
2. บันทึกผลลงในแบบบันทึกการประเมิน(ดูภาคผนวก จ)
- 4) นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของแบบประเมิน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ดูภาคผนวก ค)
- 5) นำแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง
- 6) นำคะแนนผลการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมิน โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค(Cronbach's alpha coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90 (ดูภาคผนวก ฉ)

3. แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษา ค้นคว้ารวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล การสร้างแบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert scale) และการวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 :119-146)และพวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543 : 107-108)
- 2) สร้างแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 144-146) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับที่มีระดับความคิดเห็นคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยพิจารณาความคิดเห็นหรือความรู้สึก 2 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ

2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงนิมิตและนิเสธ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ข้อคำถามเชิงนิมิต

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากที่สุด

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ข้อคำถามเชิงนิเสธ

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อย

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากที่สุด

3) นำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทและผู้อำนวยการ 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของแบบสอบถาม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (ดูภาคผนวก ค)แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบวัดเจตคติต่อทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5) นำคะแนนผลการวัดเจตคติที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค(Cronbach's alpha coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 (ดูภาคผนวก ฉ)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในชั้นตอนการทดลองสอนเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง(Quasi-experimental design) มีรูปแบบการทดลอง ดังนี้

1. ใช้รูปแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและสอบหลัง(One group pretest posttest design) สำหรับสมมติฐานข้อที่ 2.1(ดูหน้า 7)
2. ใช้รูปแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลังการทดลอง(One group posttest only design) สำหรับสมมติฐานข้อที่ 2.2, 3, และ 4 (ดูหน้า 7)

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย
2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลองโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเพื่อนำคะแนนเปรียบเทียบกับผลการเรียนรู้หลังเรียนด้วยทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. ทำการสอนโดยใช้ทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร กับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 75/75
4. ทำการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนและเก็บข้อมูลทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในขณะที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทุกบทปฏิบัติการ และคะแนนการเขียนรายงานผลการทดลองหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ

5. เมื่อนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนครบทุกบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล หลังการทดลองสอนโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

6. นำคะแนนที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย

1.1 วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)

1.2 วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(p) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

1.3 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน(Kuder - Richardson)โดยใช้สูตร K-R 20

1.4 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค (Cronbach's alphas coefficient)

1.5 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

1.6 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t - test dependent

1.7 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้สถิติ t - test one group

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

2.1 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทกับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ โดยคิดเป็นร้อยละและนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2.2 วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t-test dependent

2.3 วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียน คะแนนการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนการวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้สถิติ t-test one group

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows(Statistical Package for the Social Sciences)และ Microsoft Excell 98

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 137)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนน
 N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 หาค่าคะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2543 : 142)
 โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 $\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละค่ายกกำลังสอง
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. สถิติสำหรับตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

2.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องของ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร
 ค่าดัชนีความสอดคล้อง(ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ 2542 : 235)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ(ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 215) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$p = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ	p	แทน ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแต่ละข้อ
	R_H	แทน จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	N_H	แทน จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูง
	R_L	แทน จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	N_L	แทน จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำ

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H}$$

เมื่อ	r	แทน ค่าอำนาจจำแนก
	R_H	แทน จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	R_L	แทน จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	N_H	แทน จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูง

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบ คูเดอร์ ริชาร์ดสันสูตรที่ 20(Kuder-Richardson 20 หรือ K-R 20)(ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 228) ดังนี้

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

เมื่อ	r_{tt}	แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	K	แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	แทน สัดส่วนผู้ตอบถูกต้องผู้เข้าสอบทั้งหมด (n)
	q	แทน สัดส่วนผู้ตอบผิดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n) หรือ $1-p$
	S_t^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค(Cronbach's alpha coefficient) (ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย. 2542 : 226) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	k	แทน จำนวนข้อของแบบวัด
	s_i^2	แทน คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	s_t^2	แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบวัดทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 สถิติเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ตามเกณฑ์ 75/75 ด้วยสูตร E_1 / E_2 (เสาวณีย์ ลิกขาบณิติต. 2537 : 259)

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

เมื่อ	E_1	= ประสิทธิภาพของการประเมินผลจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ
	E_2	= ประสิทธิภาพของการประเมินผลการเรียนหลังจากทำแบบทดสอบครบทุกบทปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ
	$\sum X$	= คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน
	$\sum F$	= คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน
	A	= คะแนนเต็มของคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน
	B	= คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
	N	= จำนวนผู้เรียน

3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2.1 โดยใช้สถิติ t-test dependent ใช้สูตรใน
 ฅัญญพวงษ์ เจริญพิทย. (2526 : 171)

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

เมื่อ

$\sum D$ แทนผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนผลการเรียนรู้หลังเรียนและก่อนเรียน
 $\sum D^2$ แทนผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างคะแนนผลการเรียนรู้หลังเรียนและก่อนเรียน
 N แทนจำนวนนักเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

3.3 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2.2, 3 และ 4 โดยใช้สถิติ t-test one group โดยเทียบกับ
 เกณฑ์ "ดี" ใช้สูตรในฅัญญพวงษ์ เจริญพิทย. (2626 : 168) ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu^*}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ μ แทน ค่าเกณฑ์ที่กำหนดเป็นระดับ (ในสมมติฐาน)*
 $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่กำหนดจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง
 S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง
 n แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

หมายเหตุ μ^* มีความหมายดังนี้

1. สำหรับสมมติฐานข้อที่ 2.2 มีค่าเกณฑ์อยู่ในระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70)
2. สำหรับสมมติฐานข้อที่ 3 และ 4 มีค่าเกณฑ์อยู่ในระดับดี ($\mu = 4$)
 ในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่จะกล่าวถึงในบทนี้จะกล่าวตามลำดับของขั้นตอนการวิจัยซึ่งมี 3 ขั้นตอน คือ 1) การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 3) การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน แต่ละขั้นตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการเพื่อศึกษาดังนี้

1. ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

การพัฒนาบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนผู้วิจัยได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติเป็นการเบื้องต้นให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการทดลอง 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการ การทดลองดังกล่าว ปรากฏผลที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับนำไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน ดังนี้

1.1 ผลการทดลองเรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 1.1) เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าและ 1.2) เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า สารสำคัญของการทดลองแต่ละเรื่อง ดังกล่าวแสดงในตาราง 9 และ 10

ตาราง 9 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 1.1 เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

ชนิด ขั้วไฟฟ้า	แหล่ง พลังงาน ไฟฟ้า	ชนิด ของสาร	ผลการทดลอง					
			pH ของสารละลาย		ผลการทดสอบก๊าซด้วย			
			ก่อน ทดลอง	หลัง ทดลอง	รูปที่ติดเปลวไฟ		รูปที่ติดถ่านแดง	
					ขั้วบวก	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ขั้วลบ
แท่ง คาร์บอน	หม้อ แปลง ไฟฟ้า	น้ำกลั่น เติมสาร โซเดียม- ไฮดรอกไซด์	12	12	เปลวไฟ สว่างมาก ขึ้น	มีเสียง ระเบิด และเปลว ไฟดับ	ถ่านแดง ติดเป็น เปลวไฟ	มีเสียง ระเบิด และถ่าน แดงดับ

จากตาราง 9 พบว่าอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ แท่งคาร์บอน หม้อแปลงไฟฟ้า โดยแท่งคาร์บอนทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณสม่ำเสมอ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้แยกน้ำกลั่นที่เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำหน้าที่เป็นสารอิเล็กโทรไลต์

ทำให้น้ำกลั่นนำไฟฟ้าได้ดี และเมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ เกิดก๊าซออกซิเจนที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบ ส่วนค่าพีเอช(pH) ของสารละลายก่อนและหลังทดลองไม่เปลี่ยนแปลง

ตาราง 10 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 1.2 เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

ชนิด ขั้วไฟฟ้า	แหล่ง พลังงาน ไฟฟ้า	ชนิด ของสาร	ผลการทดลอง			
			pH ของสารละลาย		ผลการทดสอบก๊าซด้วย	
			ก่อน ทดลอง	หลัง ทดลอง	กระดาษลิตมัสสี ขั้วบวก	รูปที่ติดเปลวไฟ ขั้วลบ
แท่ง คาร์บอน	หม้อ แปลง ไฟฟ้า	สารละลาย โซเดียม- คลอไรด์	7	12	กระดาษลิตมัสสี ซีดจาง	มีเสียงระเบิดและ เปลวไฟดับ

จากตาราง 10 พบว่าอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ แท่งคาร์บอน หม้อแปลงไฟฟ้า โดยแท่งคาร์บอนทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า และหม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณสม่ำเสมอ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้แยกสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่นำไฟฟ้าได้ดี เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ เกิดก๊าซคลอรีนที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบและพีเอช(pH) ของสารละลายหลังการทดลองมีสมบัติเป็นเบสเนื่องจากมีสารใหม่เกิดขึ้นคือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1.2 ผลการทดลองเรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 2.1) เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร และ 2.2) เรื่องละลายเร็ว-ละลายช้า สารสำคัญของการทดลองแต่ละเรื่อง ดังกล่าวแสดงในตาราง 11 และ 12

ตาราง 11 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 2.1 เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

สารที่ใช้ทดสอบ	จำนวนเมล็ด ถั่วลิสง	น้ำหนัก เมล็ดถั่วลิสง (กรัม)	ผลการทดลองจากการเผาเมล็ดถั่วลิสง	
			ระยะเวลาเมื่อพาราฟิน หลอมเหลวหมดพอดี (วินาที)	อุณหภูมิของพาราฟิน เมื่อหลอมเหลวหมด พอดี (°C)
พาราฟิน	1 เมล็ด	1.9	60	40
	2 เมล็ด	2.2	49	64
	3 เมล็ด	3.5	37	75

จากตาราง 11 พบว่า วัสดุที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ พาราฟิน และเมล็ดถั่วลิสงโดยเมล็ดถั่วลิสงทำหน้าที่ให้พลังงานความร้อนด้วยการเผาไฟ ส่วนพาราฟินเป็นสารที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนสถานะ เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ จำนวนและน้ำหนักของเมล็ดถั่วลิสงที่เพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาในการหลอมเหลวของพาราฟินน้อย ส่วนอุณหภูมิของพาราฟินเมื่อหลอมเหลวหมดพอดีมีค่าสูงขึ้น

ตาราง 12 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 2.2 เรื่องละลายเร็ว-ละลายช้า

บีกเกอร์ที่	อุณหภูมิของตัวทำละลาย(น้ำ, °C)	ผลการละลายของตัวถูกละลาย(โซเดียมคลอไรด์)เมื่อวางทิ้งไว้		
		5 นาที	10 นาที	15 นาที
1	60	ละลายเล็กน้อย	ละลายเพิ่มขึ้น	ละลายหมด
2	53	ละลายเล็กน้อย	ละลายเพิ่มขึ้น	ละลายเกือบหมด
3	41	ละลายเล็กน้อย	ละลายปานกลาง	เหลือมากกว่าบีกเกอร์ 2
4	30	ยังไม่ละลาย	ละลายปานกลาง	เหลือมากกว่าบีกเกอร์ 3
5	10	ยังไม่ละลาย	ละลายปานกลาง	เหลือมากกว่าบีกเกอร์ 4

จากตาราง 12 พบว่าสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ น้ำ และสารโซเดียมคลอไรด์โดยน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีระดับอุณหภูมิแตกต่างกัน ส่วนสารโซเดียมคลอไรด์ทำหน้าที่เป็นตัวถูกละลายเมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ น้ำที่มีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การละลายของสารโซเดียมคลอไรด์ละลายได้เร็วขึ้น

1.3 ผลการทดลองเรื่องที่ 3 ปฏิกริยาเคมี

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 3.1) เรื่องการทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน และ 3.2) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก สารสำคัญของการทดลองแต่ละเรื่อง ดังกล่าวแสดงในตาราง 13 และ 14

ตาราง 13 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 3.1 เรื่องการทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดลองเมื่อเผาหินปูนขั้นตอนที่ 1	ผลการทดลองเมื่อเผาหินปูนขั้นตอนที่ 2 และผลการเปลี่ยนแปลงหลังการหยดน้ำ	
	การเปลี่ยนแปลงของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์	ทดสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	ดูด้วยมือ
หินปูนบดละเอียด	สารละลายมีสีขุ่น	มี pH เท่ากับ 10	สีนํ้าเงินและละเอียดคล้ายแป้ง

จากตาราง 13 พบว่า อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ หินปูนบดละเอียดและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งทำหน้าที่ทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาหินปูนบดละเอียด เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดการเปลี่ยนแปลง และเมื่อหยดน้ำลงในหินปูนบดละเอียดหลังการเผาจะมีสารใหม่เกิดขึ้น โดยทดสอบจากการดูด้วยมือมีลักษณะสีนํ้าเงิน เนื้อละเอียดคล้ายแป้งและ

ค่าพีเอช(pH) ที่ทดสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น

ตาราง 14 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 3.2 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

หลอดที่	สารที่ใส่ในหลอดทดลอง	ผลการเปลี่ยนแปลงเมื่อทิ้งไว้ 1 วัน
1	เหล็ก(ตะปู)+น้ำกลั่น	มีตะกอนสีน้ำตาลแดงปนในน้ำและเกาะที่ตัวตะปู
2	เหล็ก(ตะปู)+สารละลายโซเดียมคลอไรด์	มีตะกอนสีน้ำตาลแดงที่ก้นหลอดและเกาะที่ตัวตะปู
3	เหล็ก(ตะปู)+สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	มีฟองก๊าซและตะกอนสีดำในสารละลาย
4	เหล็ก(ตะปู)+สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
5	เหล็ก(ตะปู)	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากตาราง 14 พบว่าอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ เหล็ก(ตะปู) น้ำกลั่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เมื่อทดลองแล้ว ผลที่ได้คือ สารที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก(ตะปู)เมื่อทิ้งไว้ 1 วันได้แก่ น้ำกลั่น และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ส่วนสารละลายกรดไฮโดรคลอริกทำให้เหล็ก(ตะปู)เกิดการกร่อน ยกเว้นเหล็ก(ตะปู)ในหลอดที่ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเหล็ก(ตะปู)ที่ไม่ได้ใส่สารใดซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.4 ผลการทดลองเรื่องที่ 4 ปฏิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 4.1) เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด และ 4.2) เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร สารสำคัญของการทดลองแต่ละเรื่อง ดังกล่าวแสดงใน ตาราง 15 และ 16

ตาราง 15 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 4.1 เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

ปริมาณเปลือกไข่ไก่บดละเอียด(ช้อนเบอร์ 2)	ผลการทดสอบค่าพีเอช(pH)ของดิน หลังเติมเปลือกไข่ไก่
1	5.0
2	5.0
3	6.3
4	6.5
5	7.0

จากตาราง 15 พบว่าวัสดุที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ เปลือกไข่ไก่บดละเอียดโดยทำหน้าที่ลดความเป็นกรดในดินเนื่องจากมีองค์ประกอบของสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีสมบัติเป็นเบส เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ เมื่อเติมปริมาณเปลือกไข่ไก่บดละเอียดเพิ่มมากขึ้นทำให้สภาพดินกรดมีค่าความเป็นกรดลดลง

ตาราง 16 แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 4.2 เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

สารที่ทดสอบ	ผลการแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟี
1. น้ำอัดลมสีแดง	มีสารสีแดงและลักษณะสีจาง
2. สีส้มอาหารที่เป็นสีสังเคราะห์สีแดง	มีสารสีแดงและลักษณะสีเข้ม

จากตาราง 16 พบว่าวัสดุและสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ สีส้มอาหารสังเคราะห์และอาหารที่มีสีส้มอาหารสังเคราะห์ เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ ผลการแยกน้ำอัดลมสีแดงเปรียบเทียบกับสีส้มอาหารสีแดงซึ่งแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ได้สารสีแดงและมีลักษณะจางกว่าสีสังเคราะห์

2. การประเมินคุณภาพ ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่เป็นชุดเดียวกับการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนต่าง ๆ ดังนี้ ส่วนที่ 1) ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และส่วนที่ 3) เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ดูภาคผนวก ง) ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญปรากฏผล ดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

เรื่องที่	รายการประเมิน				— X	S.D.	ระดับการ ประเมิน
	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ที่	ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	เอกสารรายงานผล การทดลองและคำถามท้ายบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
1	1.1	4.74	4.72	4.60	4.69	0.08	ดีมาก
	1.2	4.66	4.28	4.69	4.54	0.23	ดีมาก
2	2.1	4.66	4.38	4.71	4.58	0.18	ดีมาก
	2.2	4.80	4.43	4.66	4.63	0.19	ดีมาก
3	3.1	4.71	4.43	4.71	4.62	0.16	ดีมาก
	3.2	4.80	4.43	4.69	4.64	0.19	ดีมาก
4	4.1	4.77	4.38	4.71	4.62	0.21	ดีมาก
	4.2	4.71	4.37	4.71	4.60	0.20	ดีมาก
รวม		4.73	4.43	4.69	4.61	0.05	ดีมาก

จากตาราง 17 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 8 บทโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนของใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่าผลการประเมินทั้ง 3 ส่วนในแต่ละบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก

2. การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ 75/75

ผู้วิจัยหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องสารและสมบัติของสาร ตามเกณฑ์ 75/75 ซึ่งเป็นผลจากการวิจัยนำร่อง โดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 กลุ่มรวม 15 คนโดยนำค่าเฉลี่ยของคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนแต่ละบทมาคิดเป็นร้อยละปรากฏผลดังตาราง 18

ตาราง 18 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องที่	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
1. ธาตุและสารประกอบ	10	7.47	74.70
2. การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย	10	7.63	76.30
3. ปฏิกิริยาเคมี	10	8.10	81.00
4. ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม	10	7.90	79.00
ภาพรวม	40	31.10	77.75

จากตาราง 18 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องที่ 1 มีค่า 74.70 ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์ 75 ตัวแรกส่วนค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องที่ 2, 3 และ 4 มีค่า 76.30, 81.00 และ 79.00 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 75 และเมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมมีค่า 77.75 นั้นหมายความว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 4 เรื่อง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนกับคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ปรากฏผลดังตาราง 19

ตาราง 19 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่าง
เรียนกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน

การทดสอบ	คะแนน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
ระหว่างเรียน(40)	466.5	31.10	77.75 (E ₁)
หลังเรียน(40)	476.0	31.73	79.33 (E ₂)

จากตาราง 19 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนต่อ
ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนมีค่า 77.75/79.33 แสดงว่าบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน
ของการวิจัยข้อที่ 1

3. การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยทดลองสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ที่พัฒนาขึ้นเพื่อ
ศึกษาดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้
2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. เจตคติของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏผลดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้โดยวัดผลการ
เรียนรู้ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้านคือ 1) ด้านความรู้-
ความจำ 2)ด้านความเข้าใจ 3)ด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4)ด้านการนำความ
รู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน
ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน
(ดูภาคผนวก ฉ) กับเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดีมีค่าร้อยละ 70 ปรากฏผลดังตาราง 20 และ 21

ตาราง 20 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านที่	คะแนนผลการเรียนรู้ (N=30)				$\bar{D}$	S.D.	t	df	p
	ก่อนเรียน		หลังเรียน						
	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D					
1 ความรู้ - ความจำ(5ข้อ)	2.93	1.11	4.20	0.81	1.27	1.17	5.917*	29	.000
2 ความเข้าใจ(10ข้อ)	5.47	1.81	7.57	1.45	2.10	1.60	7.167*	29	.000
3 กระบวนการฯ(17ข้อ)	10.73	2.13	13.53	2.10	2.80	2.09	7.334*	29	.000
4 การนำไปใช้(8ข้อ)	5.47	1.17	6.57	0.97	1.10	1.58	3.805*	29	.0005
รวม	24.60	3.71	31.87	3.80	7.27	3.31	12.002*	29	.000

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 20 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนในด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการฯ และด้านการนำไปใช้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05($p = .000$) แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ทำให้ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนทั้ง 4 ด้านของนักเรียนสูงขึ้น

ตาราง 21 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านที่	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ร้อยละ ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์ที่กำหนด ($\mu =$ ร้อยละ 70)	S.D.	t	df	p
1 ความรู้ - ความจำ(5ข้อ)	4.20	84.00	70	16.10	4.762*	29	.000
2 ความเข้าใจ(10ข้อ)	7.57	75.67	70	14.55	2.134*	29	.020
3 กระบวนการฯ(17ข้อ)	13.53	79.61	70	12.33	4.267*	29	.000
4 การนำไปใช้ (8ข้อ)	6.57	82.08	70	12.14	5.450*	29	.000
รวม	31.87	79.67	70	9.51	5.569*	29	.000

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 21 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการฯ และด้านการนำไปใช้ โดยการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี($\mu =$ ร้อยละ 70) พบว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการฯ และด้านการนำไปใช้ นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงกว่าระดับดี($p=.000$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ทั้ง 4 ด้านสูงกว่าระดับดี($p=.000$) แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนขณะเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องประเมิน 3 ด้านได้แก่ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งเป็นแบบประเมินตามสภาพจริงและกำหนดการให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ โดยแยกการประเมินเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยด้านการวางแผนการทดลอง และด้านปฏิบัติการทดลอง บันทึกการประเมินโดยตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินกลุ่มตนเองและครูผู้สอนประเมินแต่ละกลุ่ม และ ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง บันทึกผลการประเมินโดยครูผู้สอนเป็นรายบุคคลแล้วนำคะแนนทั้งสองส่วนมาหาค่าเฉลี่ย (ดูภาคผนวก จ) และเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดีมีค่าเท่ากับ 4 ในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 ปรากฏผลดังตาราง 22

ตาราง 22 แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเฉลี่ยรวม ($\bar{X}$)	เกณฑ์ที่กำหนด ($\mu = 4$)	S.D.	t	df	p
ด้านที่ 1 การวางแผนการทดลอง	4.75	4	0.22	18.746*	29	.000
ด้านที่ 2 การปฏิบัติการทดลอง						
2.1 เทคนิคการทดลอง	4.61	4	0.09	34.052*	29	.000
2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง	4.29	4	0.32	4.956*	29	.000
2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ	4.87	4	0.13	34.831*	29	.000
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงานผลการทดลอง	4.70	4	0.36	10.657*	29	.000
รวม	4.65	4	0.19	18.307*	29	.000

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 22 คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากการประเมินโดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 1 ด้านที่ 2 คือ 2.1, 2.2, 2.3 ซึ่งประเมินพฤติกรรมในขณะปฏิบัติการทดลอง และด้านที่ 3 ประเมินผลหลังการทดลอง เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมแต่ละด้านในแต่ละบทปฏิบัติการกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu = 4$) พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าระดับดี ($p = .000$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ทุกบทปฏิบัติการทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

3. เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร หลังเรียน โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 30 ข้อซึ่งพิจารณาความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียน 2 ด้าน ดังนี้ ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 ด้านคือ ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแต่ละด้าน (ดูภาคผนวก ก) เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดีมีค่าเท่ากับ 4 ในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 ปรากฏผลดังตาราง 23

ตาราง 23 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนด้านที่	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	เกณฑ์ที่กำหนด ($\mu = 4$)	S.D.	t	df	p
1. ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.36	4	0.40	4.919*	29	.000
2. การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						
2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.40	4	0.53	4.156*	29	.000
2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	4.29	4	0.47	3.437*	29	.000
รวม	4.35	4	0.42	4.515*	29	.000

*มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 23 คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการประเมิน หลังเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านกับเกณฑ์ระดับดี($\mu = 4$) พบว่า นักเรียนมีเจตคติในแต่ละด้าน และโดยภาพรวมทั้ง 3 ด้านสูงกว่าระดับดี($p = .000$) แสดงว่า การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสารที่พัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อใช้ในการศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นโดยมีรายละเอียดของการศึกษาวิจัยดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 - 2.1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
 - 2.2 หลังเรียนอยู่ในระดับดี (มีค่าร้อยละ = 70)
3. นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี
4. นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการวิจัยดังนี้

- 1.1 การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยนำผลการศึกษาเนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร กำหนดกิจกรรมและพัฒนาเป็น บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 เรื่องจำนวน 8 บท โดยนำบทปฏิบัติการที่ได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและความเหมาะสมของบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์แล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน
- 1.2 ด้านการประเมินคุณภาพ โดยนำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจากผลการวิจัยนักร้อง ดังนี้

2.1 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้จากการสังเกตของผู้วิจัยและจากการสอบถามความคิดเห็นพร้อมข้อเสนอแนะของนักเรียน

2.2 การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้เป็นค่าประสิทธิภาพ โดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คนรวม 9 คนโดยนำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนเพื่อกำหนดค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75

2.3 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 75/75 โดยทดลองสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น กับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันคือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คนรวม 15 คน พร้อมประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) ของโรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 12 ห้องเรียนมีจำนวนนักเรียนประมาณ 519 คนส่วนกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนจำนวน 30 คนที่สุ่มจากประชากรดังกล่าวด้วยวิธีการสุ่มแบบจัดกลุ่ม(Cluster Random Sampling)

3.2 ทดลองสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้จำนวน 40 ข้อ และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ขณะเรียนด้วยแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

3.3 ศึกษาเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 30 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)

2. วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(p) และค่าอำนาจจำแนก(r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

3. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน(Kuder - Richardson)โดยใช้สูตร K-R 20

4. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค (Cronbach's alphacoefficient)

5. หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ

6. วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ t - test dependent

7. วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้สถิติ t - test one group

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยแต่ละขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการเพื่อศึกษา

1. ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการแต่ละเรื่องสรุปได้ดังนี้

1.1 เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 1.1) เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าและ 1.2) เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า ผลการทดลอง พบว่าอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ แท่งคาร์บอน หม้อแปลงไฟฟ้า โดยแท่งคาร์บอนทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าและแปลงกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณสม่ำเสมอผลการทดลองแต่ละเรื่องมีดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองที่ 1.1 พบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้แยกน้ำกลั่นที่เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำหน้าที่เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ทำให้น้ำกลั่นนำไฟฟ้าได้ดี และเมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ เกิดก๊าซออกซิเจนที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบ ค่าพีเอช(pH) ของสารละลายก่อนและหลังทดลองไม่เปลี่ยนแปลง

2) ปฏิบัติการทดลองที่ 1.2 พบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้แยกสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซึ่งมีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์เมื่อทดลองแล้วผลการทดลองที่ได้คือ เกิดก๊าซคลอรีนที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบ และพีเอช(pH)ของสารละลายหลังการทดลองมีสมบัติเป็นเบสเนื่องจากมีสารใหม่เกิดขึ้น คือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นไปตามหลักการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrolysis) โดยเมื่อผ่านไฟฟ้ากระแสตรงจำนวนหนึ่งลงไปสารละลายจะมีสารบริสุทธิ์เกิดขึ้น

1.2 เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 2.1) เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสารและ 2.2) เรื่องละลายเร็ว-ละลายช้า ผลการทดลองแต่ละเรื่องมีดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองที่ 2.1 พบว่าวัสดุที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ พาราฟิน และเมล็ดถั่วลิสง โดยเมล็ดถั่วลิสงให้พลังงานความร้อนด้วยการเผาไฟเมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ จำนวนและน้ำหนักของเมล็ดถั่วลิสงที่เพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาในการหลอมเหลวของพาราฟินน้อย ส่วนอุณหภูมิของพาราฟินเมื่อหลอมเหลวหมดพอดีมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักการหลอมเหลวของของแข็งคือ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนอนุภาคภายในของแข็งจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้น อนุภาคจึงมีการสั่นมากขึ้นเมื่อถึงจุดหนึ่งของแข็งกลายเป็นของเหลวเรียกว่า การหลอมเหลว

2) ปฏิบัติการทดลองที่ 2.2 พบว่าสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ น้ำและสารโซเดียมคลอไรด์โดยน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีระดับอุณหภูมิแตกต่างกันเมื่อทดลองแล้วผลที่ได้ คือ น้ำที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การละลายของสารโซเดียมคลอไรด์ละลายได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักการละลายของของแข็งในของเหลวโดยจะละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

1.3 เรื่องที่ 3 ปฏิบัติการเคมี ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 3.1) เรื่องการทำปฏิกิริยาจากหินปูน และ 3.2) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก ผลการทดลองแต่ละเรื่องมีดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองที่ 3.1 พบว่าอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ หินปูนบดละเอียด และสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งทำหน้าที่ทดสอบก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาหินปูนเมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดการเปลี่ยนแปลง และเมื่อหยดน้ำลงในหินปูนบดละเอียดหลังการเผาไหม้สารใหม่เกิดขึ้นซึ่งทดสอบจากการดูด้วยมือมีลักษณะลื่นมือและละเอียดคล้ายแป้ง ทดสอบค่าพีเอช(pH) ด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น

2) ปฏิบัติการทดลองที่ 3.2 พบว่าอุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ เหล็ก(ตะปู) น้ำกลั่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ สารที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก(ตะปู) เมื่อทิ้งไว้ 1 วันได้แก่น้ำกลั่น และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ส่วนสารละลายกรดไฮโดรคลอริกทำให้เหล็ก(ตะปู)เกิดการกร่อน ยกเว้นเหล็ก(ตะปู)ในหลอดที่ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเหล็ก(ตะปู)ที่ไม่ได้ใส่สารใดซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากการทดลองทั้ง 2 เรื่อง ผลการทดลองเป็นไปตามหลักการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารเพื่อให้เกิดสารใหม่

1.4 เรื่องที่ 4 ปฏิบัติการเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 4.1) เรื่องเลือกไข่ปรับสภาพดินกรดและ 4.2) เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร ผลการทดลองแต่ละเรื่องมีดังนี้

1) ปฏิบัติการทดลองที่ 4.1 พบว่าวัสดุที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ เลือกไข่ไก่บดละเอียดโดยทำหน้าที่ลดความเป็นกรดในดินเนื่องจากมีองค์ประกอบของสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีสมบัติเป็นเบส หลังจากทดลองแล้วผลที่ได้คือ เมื่อเติมปริมาณเลือกไข่ไก่บดละเอียดเพิ่มมากขึ้นทำให้สภาพดินกรดมีค่าความเป็นกรดลดลง

2) ปฏิบัติการทดลองที่ 4.2 พบว่าวัสดุและสารเคมีที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ สีมผสมอาหารสังเคราะห์และอาหารที่มีสีผสมอาหารสังเคราะห์เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ น้ำอัดลมสีแดงเปรียบเทียบกับสีผสมอาหารสีแดงโดยแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษผลการแยกได้สารสีแดงและมีลักษณะจางกว่าสีสังเคราะห์

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนโดยจัดทำเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการแต่ละบทประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แต่ละบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอนคือตอนที่ 1 นักเรียนทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นและตอนที่ 2 นักเรียนทำการทดลองในลักษณะกิจกรรมลองคิด-ลองทำ โดยดัดแปลงอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลองซึ่งศึกษาแนวทางในการดัดแปลงจากบทสนทนาของตัวการ์ตูน

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับสอนนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2) ผลการประเมิน พบว่า ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก

จากผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ สรุปได้ว่า ผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้าและสามารถนำไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนได้ และจากผลการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75

ดำเนินการโดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อนจำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คนรวม 15 คนผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนต่อค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนมีค่า 77.75/79.33 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน เพื่อศึกษาดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้ โดยวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้านคือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05($p=.000$) และผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี(μ =ร้อยละ70) พบว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี($p=.000$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนมีผลการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้านสูงกว่าระดับดี($p=.000$)

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการปฏิบัติการทดลองซึ่งประเมินพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลองประเมินผลหลังการทดลอง เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมแต่ละด้านในแต่ละบทปฏิบัติการกับเกณฑ์ระดับดี($\mu = 4$) พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านสูงกว่าระดับดี($p = .000$)

3. เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีเจตคติด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบคะแนนแต่ละด้านกับเกณฑ์ระดับดี($\mu = 4$) พบว่านักเรียนมีเจตคติในแต่ละด้านและโดยภาพรวมทั้ง 3 ด้านสูงกว่าระดับดี($p = .000$)

อภิปรายผล

การอภิปรายผล ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัย 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน มีผลการทดลองแต่ละเรื่องดังนี้

1.1 เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ

1.1) เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า และ 1.2) เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองคือ แท่งคาร์บอนทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าและแปลงกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณสม่ำเสมอ ผลการทดลองปฏิบัติการที่ 1.1 พบว่า อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้แยกน้ำกลั่นที่เติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำหน้าที่เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ทำให้น้ำกลั่นนำไฟฟ้าได้ดี และเมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ เกิดก๊าซออกซิเจนที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบ ค่าพีเอช(pH)ของสารละลายก่อนและหลังทดลองไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนผลการทดลองปฏิบัติการที่ 1.2 พบว่า อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้แยกสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซึ่งมีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อทดลองแล้วผลการทดลองที่ได้ คือ เกิดก๊าซคลอรีนที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบ และค่าพีเอช(pH) ของสารละลายหลังการทดลองมีสมบัติเป็นเบสเนื่องจากมีสารใหม่เกิดขึ้นคือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นไปตามหลักการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า(Electrolysis)ที่เป็นปฏิกิริยาเคมีในสารละลาย โดยเกิดจากการให้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปแล้วเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมีหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาในสารละลายและมีสารบริสุทธิ์เกิดขึ้น โดยมีส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส คือ 1) แหล่งให้พลังงานไฟฟ้า 2) ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว และ 3) สารละลายอิเล็กโทรไลต์

(ทบทวนมหาวิทยาลัย. 2541 : 29-34)

1.2 เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ 2 เรื่อง คือ 2.1) เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร และ 2.2) เรื่องละลายเร็ว-ละลายช้า ผลการทดลองปฏิบัติการที่ 2.1 พบว่า พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาเมล็ดถั่วลิสงที่มีจำนวนและน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการหลอมเหลวของพาราฟินน้อย ส่วนอุณหภูมิของพาราฟินเมื่อหลอมเหลวหมดพอดีมีค่าสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักการหลอมเหลวของของแข็ง คือเมื่อของแข็งได้รับพลังงานความร้อนอนุภาคภายในของแข็งจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้น อนุภาคจึงมีการสั่นมากขึ้นแล้วเกิดการขยายตัวเมื่อถึงจุดหนึ่งอนุภาคจะแยกตัวออกจากกันเป็นอิสระ ของแข็งจะเริ่มหลอมเหลวจนกลายเป็นของเหลว เรียกว่า การหลอมเหลว (ไรอัน, ลอว์รี, แปลโดยจินดา อุดชาชนและคณะ. 2543 : 10) ส่วนผลการทดลองปฏิบัติการที่ 2.2 พบว่า น้ำที่ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การละลายของสารโซเดียมคลอไรด์ละลายได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นไปตามหลักการละลายของของแข็งในของเหลวโดยของแข็งจะละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2541 : 256-258)

1.3 เรื่องที่ 3 ปฏิริยาเคมี ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 3.1) เรื่องการทำปฏิกิริยาหมากจากหินปูน และ 3.2) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก ผลการทดลองปฏิบัติการที่ 3.1 พบว่า ผลจากการเผาหินปูนบดละเอียดทำให้ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำหน้าที่ทดสอบก๊าซเกิดการเปลี่ยนแปลง และเมื่อหยดน้ำลงในหินปูนบดละเอียดหลังการเผามีสารใหม่เกิดขึ้น ซึ่งทดสอบจากการดูด้วยมือมีลักษณะลื่นมือและละเอียดคล้ายแป้ง ทดสอบค่าพีเอช(pH) ด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนผลการทดลองปฏิบัติการที่ 3.2 พบว่า สารที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก(ตะปู) เมื่อทิ้งไว้ 1 วัน ได้แก่ น้ำกลั่น และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ส่วนสารละลายกรดไฮโดรคลอริกทำให้เหล็ก(ตะปู)เกิดการกร่อน ยกเว้นเหล็ก(ตะปู)ในหลอดที่ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเหล็ก(ตะปู)ที่ไม่ได้ใส่สารใดซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากการทดลองทั้ง 2 เรื่อง ผลการทดลองเป็นไปตามหลักการเกิดปฏิริยาเคมี ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารเพื่อให้เกิดสารใหม่ที่ เรียกว่า สารผลิตภัณฑ์หรือสารที่เกิดจากผลของปฏิริยาเคมีและสารที่เกิดขึ้นมีสมบัติต่างไปจากสารเดิม (ซาง, เรย์มอน. แปลโดย นภดล ไชยคำ. 2542 : 94-97)

1.4 เรื่องที่ 4 ปฏิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 เรื่องคือ 4.1) เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด และ 4.2) เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร ผลการทดลองปฏิบัติการที่ 4.1 พบว่า เปลือกไข่ไก่บดละเอียดสามารถลดความเป็นกรดในดินได้ เนื่องจากมีองค์ประกอบของสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีสมบัติเป็นเบส โดยเมื่อเติมปริมาณเปลือกไข่ไก่บดละเอียดเพิ่มมากขึ้นทำให้สภาพดินกรดมีค่าความเป็นกรดลดลงซึ่ง ขงยุทธ โอสภสภและคณะ (2541 : 211-213) กล่าวว่าเมื่อใส่ปูนลงในดินกรดที่เปียกชื้นสิ่งแรกที่เกิดขึ้น คือ การทำปฏิกิริยาระหว่างปูนกับสารละลายดินซึ่งอึดตัวด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂)และถ้าใส่ปูนที่มีอนุภาคเล็กละเอียดมีการคลุกเคล้าให้เข้ากับดินอย่างดีจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยามากและรวดเร็วขึ้นทำให้แก้ไขดินกรดได้เร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนผลการทดลองปฏิบัติการที่ 4.2 พบว่า สีส้มอาหารสังเคราะห์และอาหารที่มีสีผสมอาหารสังเคราะห์เมื่อทดลองแล้วผลที่ได้คือ เมื่อแยกน้ำอัดลมสีแดงเปรียบเทียบกับสีผสมอาหารสีแดงโดยแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษได้สารสีแดงและมีลักษณะจางกว่าสีสังเคราะห์ ซึ่ง กฤษณา รุ่งเรืองศักดิ์ (2521 : 306-308) กล่าวว่าสารมีสีมักนิยมใส่ในอาหารประเภทของหวานสีเหล่านี้มีทั้งประเภทที่ละลายในน้ำและละลายในน้ำมัน ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้สีที่ละลายในน้ำเนื่องจากสกัดได้ง่ายตรวจสอบได้ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษซึ่งมีระบบของสารทำละลายในการแยกหลายชนิด

จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้าและสามารถนำไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนได้

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนโดยจัดทำเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการแต่ละบทประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แต่ละบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอนคือตอนที่ 1 นักเรียนทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นและตอนที่ 2 นักเรียนทำการทดลองในลักษณะกิจกรรมลองคิด-ลองทำ โดยดัดแปลงอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลองซึ่งศึกษาแนวทางในการดัดแปลงจากบทสนทนาของตัวการ์ตูน แล้วนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้พัฒนาจากพื้นฐานการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้าโดยคำนึงถึงความเหมาะสมในส่วนที่เกี่ยวข้อง เนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร ตลอดจนอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองที่เหมาะสมกับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่2) และได้ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)

ประการที่สอง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละบทมีองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ

1) ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และ 3) เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนอีกทั้งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริงและนำความรู้ ทักษะที่ได้จากการศึกษาทดลองไปใช้ในการค้นคว้าในเรื่องที่นอกเหนือจากการเรียนรู้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ภพ เลหาไพบุลย์ (2532 : 167-168) ที่กล่าวว่าการสอนแบบทดลองเป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลองและการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้มีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและเป็นการปฏิบัติการเพื่อแสวงหาความรู้ใหม่ เน้นการหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรสถานศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545 : 3-37) ที่มีเป้าหมายและวิสัยทัศน์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์องค์ความรู้ด้วยตนเองอีกทั้งพัฒนาให้ผู้เรียนมีเจตคติที่เหมาะสม

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสารที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 77.75/79.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีข้อมูลพื้นฐานจากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และขั้นตอนการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีการตรวจสอบแก้ไขตามข้อเสนอแนะของประธานและกรรมการควบคุมปริญญาบัตร และได้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)และผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ประการที่สอง ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อนจำนวน 3 คน 1 กลุ่ม, 9 คน 3 กลุ่มและ 15 คน 3 กลุ่มตามลำดับโดยทดลองสอนกลุ่มย่อย 3 คนเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของบทปฏิบัติการซึ่งนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข กลุ่มย่อย 9 คนเพื่อกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 และกลุ่ม 15 คนเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์วี ใจงาม (2545 : 76-78) ที่ได้ศึกษาและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตก๊าซโซลจากพืชในท้องถิ่นผลการวิจัยพบว่า การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 3 คนและ 15 คนซึ่งผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนมีความสามารถเรียนรู้ใกล้เคียงกันมีประสิทธิภาพในด้านความรู้ตามเกณฑ์ 79.16/82.79 และประสิทธิภาพในด้านทักษะตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 84.54/86.70และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริกานต์ ผาสุก. (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์วิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่องการสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพสำหรับนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนได้

ประการที่สาม รูปแบบการทดลองของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มุ่งให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา ได้ทำงาน ได้ปฏิบัติ รู้จักถ่ายโยงการเรียนรู้ เสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกันขณะปฏิบัติการทดลอง ได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และรู้จักรับผิดชอบงานร่วมกัน (วิมล สำราญวานิช. 2532 : 79-80) และรูปแบบการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นการนำความรู้มาพัฒนาเป็นการทดลองอย่างชัดเจนสร้างองค์ความรู้จากการปฏิบัติจริงซึ่ง บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 277-279) กล่าวว่า การสอนแบบฝึกปฏิบัติทำให้การศึกษาเป็นการศึกษาที่สมบูรณ์ผสมผสานทั้งทฤษฎีและปฏิบัติผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงและลงมือทำด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 55) พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 และมีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนได้

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน เพื่อศึกษาดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้ โดยวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้านคือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p=.000$) และผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu=ร้อยละ 70$) พบว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี ($p=.000$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนมีผลการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้านสูงกว่าระดับดี ($p=.000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งผลการประเมินโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก อีกทั้งได้ผ่านการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 75/75 และมีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆให้เหมาะสมกับผู้เรียนจึงทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร มีคุณภาพและประสิทธิภาพส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เปรมจิตร์ บุญสาย. (2541 : บทคัดย่อ) พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองสอน

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนต้องปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทุกขั้นตอนโดยมีบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นแนวทาง ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาหรือคิดค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอนซึ่งสอดคล้องกับ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2543 : 87-88) กล่าวว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการมีความแตกต่างกันแต่ก็มีความสัมพันธ์กันซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะและเจตคติ ดังนั้นครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อน เพื่อเป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการให้กับนักเรียนแล้วค่อยๆลดการกำหนดแนวทางของครูจากการทดลองแบบสำเร็จรูป จนนักเรียนสามารถคิดสืบสอบ วางแผนการทดลองและสามารถแก้ปัญหาตลอดจนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีเนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ศึกษาทดลอง วิเคราะห์เหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปอภิปรายผลและเขียนเอกสารรายงานผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองจึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นานกว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีการบรรยาย ซึ่งสอดคล้องกับ ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. (2534 : 1-2) กล่าวว่า การที่นักเรียนได้รับการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆในการเรียน สามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดและแนวทางในการปฏิบัติกิจกรรมก่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดทักษะและมีความกระตือรือร้นในการเรียนส่งผลให้การเรียนดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องสารและสมบัติของสาร มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี(จากเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70)

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการปฏิบัติการทดลองซึ่งประเมินพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลองประเมินผลหลังการทดลอง เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมแต่ละด้านในแต่ละบทปฏิบัติการกับเกณฑ์ระดับดี($\mu=4$) พบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านสูงกว่าระดับดี($p=.000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่มีลักษณะกิจกรรมในแต่ละบทปฏิบัติการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ทำการทดลองจริงอย่างเป็นระบบและมีกระบวนการอย่างต่อเนื่อง มีการปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนได้ร่วมมือกันและรู้จักแบ่งงานกันทำทั้งในด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลองซึ่งประกอบด้วยเทคนิคการทดลองความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลองซึ่งในการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผู้วิจัยได้ทำการประเมินทักษะปฏิบัติการขณะปฏิบัติการทดลองทุกบทปฏิบัติการโดยมีตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินกลุ่มตนเอง และครูผู้สอนประเมินแต่ละกลุ่ม ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยทำให้นักเรียนพยายามปรับปรุงวิธีการทดลองอย่างตั้งใจ ส่งผลให้การปฏิบัติการทดลองในบทปฏิบัติการอื่นๆประสบผลสำเร็จมากยิ่งขึ้นดังที่ เพราพรรณ เปลียนญู. (2542 : 292) กล่าวว่าทักษะการปฏิบัติที่ดีจะต้องแสดงการปฏิบัติสิ่งต่างๆอย่างรวดเร็วถูกต้อง มีท่าทาง การเคลื่อนไหวสอดคล้องนุ่มนวลและต้องอาศัยการกระทำซ้ำๆหรือการฝึกซ้ำๆ โดยเฉพาะถ้าต้องการพัฒนาปรับปรุงทักษะให้เกิดมีความเที่ยงตรง รวดเร็วและความคล่องแคล่วในการปฏิบัติรวมทั้งการให้ผลย้อนกลับแก่ผู้เรียนมีความสำคัญสำหรับการปรับปรุงทักษะให้ดีขึ้น ส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีการฝึกทักษะและเกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทวิช แจ่มจำรัส. (2545 : บทคัดย่อ) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องน้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมปฏิบัติการทดลองที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมด้านการปฏิบัติอย่างอิสระจึงเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติอย่างจริงจัง ถูกต้องและใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างคล่องแคล่วซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 82) กล่าวว่าพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติ ซึ่งมุ่งผลที่คล่องแคล่วและชำนาญและสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรพรรณ ทะเขียว. (2543 : 82) พบว่าทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่สอนโดยใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสารมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าระดับดี

3. เจตคติของนักเรียนต่องบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบวัดเจตคติต่องบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีเจตคติด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่องบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และด้านที่ 2 การแสดงออกต่องบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบคะแนนแต่ละด้านกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu = 4$) พบว่านักเรียนมีเจตคติในแต่ละด้านและโดยภาพรวมทั้ง 3 ด้านสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนด้วยบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ยึดหลัก

ผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการศึกษาค้นคว้าอย่างอิสระนักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองร่วมกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน มีการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองค้นพบความรู้ใหม่จากการปฏิบัติการทดลองจริง ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัย ในการทำการทดลองของนักเรียนในบปฏิบัติการเรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าที่สามารถทดสอบสมบัติของก๊าซที่เป็นองค์ประกอบของน้ำได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น มีความกระตือรือร้นรู้สึกสนุกสนานในการเรียนและบรรยากาศการเรียนไม่เคร่งเครียดส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ดังที่ ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2528 : 1-3) กล่าวว่า เจตคติเป็นพฤติกรรมที่เตรียมพร้อมทางสมองในการที่จะกระทำ ซึ่งบ่งบอกถึงหน้าที่ของสภาวะจิตใจหรือสภาวะของอารมณ์ที่สลับซับซ้อนก่อนจะตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหาเป็นการรวบรวมเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็นความเชื่อซึ่งความรู้สึกเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดพฤติกรรมชนิดใดชนิดหนึ่งต่อไป และจากผลการวัดเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีความรู้สึกนึกคิด การแสดงออก และการเห็นประโยชน์ของบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก มีข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม เช่น รู้สึกสนุกกับการเรียนที่มีการทดลองเองดีกว่าการเรียนด้วยการสาธิตการทดลอง อยากให้มีการเรียนด้วยบปฏิบัติการบ่อย ๆ ทำให้การเรียนวิทยาศาสตร์ดีมาก สนุกและเข้าใจมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ญัตติพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 122) กล่าวว่า การวัดผลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริงไม่ใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่ ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าบุคคลมีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไรและสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส. (2545 : 79) พบว่า เจตคติของนักเรียนที่มีต่องบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้สึกนึกคิดต่องบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการเห็นประโยชน์ของบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสารมีเจตคติด้านความรู้สึกนึกคิดต่องบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการเห็นประโยชน์ของบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าระดับดี

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ก่อนนำบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสารไปใช้ในการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรศึกษารายละเอียดทุกขั้นตอนและทดลองทำในบปฏิบัติการทุกบทก่อนทุกครั้งและควรทำความเข้าใจพร้อมแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ สารเคมี ขั้นตอนการทดลอง การเตรียมอุปกรณ์ที่หาได้เองล่วงหน้า ตลอดจนแนะนำการเขียนรายงานผลการทดลองอย่างละเอียดครบถ้วนเพื่อให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จมากขึ้นและควรใช้ควบคู่กับคู่มือประกอบการใช้บปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1.2 ครูผู้สอนควรสำรวจวัสดุอุปกรณ์ที่หาง่ายในท้องถิ่นเพื่อใช้ทดแทนวัสดุอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้เปลือกหอยแครงซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง แทนสารแคลเซียมคาร์บอเนตในเรื่องการทำปูนกินหมากจากหินปูน และเป็นการส่งเสริมด้านสิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียนอีกทางหนึ่ง

1.3 ขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลองครูผู้สอนควรดูแลอย่างใกล้ชิดและคอยแนะนำให้นักเรียนระมัดระวังในการทดลองซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยในการทดลองบทปฏิบัติการที่ 4.2 เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหารในขั้นตอนการต้มสารควรใส่เศษกระเบื้องในสารที่ต้ม เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรงและป้องกันการเกิดอันตรายได้

1.4 ครูผู้สอนควรแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนนำหลักการที่ได้เรียนรู้จากบทปฏิบัติการไปศึกษาค้นคว้าและทดลองเพิ่มเติมในเรื่องใหม่ๆในลักษณะโครงการวิทยาศาสตร์

1.5 ครูผู้สอนอาจนำกิจกรรมปฏิบัติการไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรสถานศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ โดยปรับให้เหมาะสมกับระดับช่วงชั้นของผู้เรียนและสภาพของสถานศึกษา

1.6 ควรหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัย เช่น แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้และความเหมาะสมพร้อมนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในสาระการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสารในระดับช่วงชั้นอื่นๆโดยปรับเนื้อหาและกิจกรรมให้มีความยากง่ายและเหมาะสมกับช่วงชั้นของนักเรียนหรือพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อื่นๆ

2.2 ควรศึกษาผลการเรียนรู้จากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับตัวแปรอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม การนำเสนอผลการทดลองในรูปแบบแผนที่ความคิด ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กฤษณา ชูติมา. (2540). หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กฤษณา รุ่งเรืองศักดิ์. (2521). ปฏิบัติการและหลักเบื้องต้นในวิชาชีวเคมี. กรุงเทพฯ :
อมรินทร์การพิมพ์.
- กัญญา ภิญญกิจ. (2538). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสนใจใน
กิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยการทำ
โครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินิพนธ์ กศ.ม.
(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กาด์นรี ใจงาม. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง
การผลิตก๊าซโซลจากพืชในท้องถิ่น. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- เกื้อกุล ดวงจันทร์ทิพย์. (2534). ความคิดเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และการรับรู้สภาพแวดล้อมในการเรียน
วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)
มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- จิรพรรณ ทะเขียว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับ
การสอนตามคู่มือครู. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชลสิทธิ์ จันทาสี. (2543). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการ
ตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการ
ตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยยุทธ ช่างสารและ เลิศณรงค์ ศรีพนม. (2543). เคมีประยุกต์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ช่าง, เรย์มอน. (2543). เคมีเล่ม 2 = Chemistry. นกตล ไชยคำ. แปลและเรียบเรียง. กรุงเทพฯ :
แมคกรอฮิล.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2526). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พิษณุโลก.
- (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดำรง คงสวัสดิ์. (2539). เคมีเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

- ถวิล ครุฑกุล. (2540). *เกษตรยั่งยืน : การใช้ดิน-ปุ๋ย*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). *ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.
- , (2541). *เคมี 1*. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- ทวิช แจ่มจรัส. (2545). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องน้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในห้องดิน : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี*. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธนากร ศรีธารา. (2544). *เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษาเทศบาล เขตการศึกษา 10*. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- นิยม บุญพิคำ. (2543). *ปฐพีวิทยา(Soil science)*. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- บุญยั้ง วรณศิริกุล. (2540). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยแบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามปกติ*. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุปผชาติ เรืองสุวรรณ. (2530). *การศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมและด้านต่างๆของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 10 ปี 2529*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา) มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- เบญจมาศ สันประเสริฐ. (2533). *การศึกษาผลการสอนที่ใช้แบบฝึกการทดลองที่มีผลทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปฐม เลหาเกษตร. (2540). *การเลี้ยงสัตว์ปีก*. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ประดิษฐ์ เขียวสกุล. (2540 พฤศจิกายน -ธันวาคม). "เกลือแกง." *วารวิทยาศาสตร์*. 51(6) : 369-371.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). *หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่"ในเอกสารการนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 223 "*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู.
- เปรมจิตต์ แทนสถิตย์. (2535). *วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- เปรมจิตร บุญสาย. (2541). การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพวิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เพราพรรณ เปลี่ยนภู. (2542). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ภพ เลหาไพบุลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- มณีรัตน์ เกตุไสว. (2540). ผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไมตรี สุทธจิตต์. (2531). สารพิษรอบตัวเรา. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์ดาวคอมพิวกราฟิค.
- ยงยุทธ โอสภสภและคณะ. (2541). ปรูฟวิทย์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัชณี บุญเรือง. (2535). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนโดยการประยุกต์กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพกับการสอนตามคู่มือครูของสสวท. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2538). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- ไรอัน, ลอวีร์. (2543). เคมี = Chemistry for you. จินดา อุดชาชนและคณะ. แปลและเรียบเรียง. กรุงเทพฯ : นานมีบุคส์.
- ลัดดาวัลย์ กันธุสุวรรณ. (2534). การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมด้วยสิ่งแวดล้อมศึกษา. กรุงเทพฯ : กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.
- วัชร เลื่อนบรรจง. (2539). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- วาริ เอกสาร. (2537). ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากแบบสอบ
ภาคปฏิบัติกับการสอบข้อเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์
ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วิชัย เทียนน้อยและประชา อินทร์แก้ว. (2533). มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.
- วิมล สำราญวานิช. (2532). การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา. ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิโรจน์ เฉยยสุข. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนตามปกติ.
ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2528). เจตคติ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์รุ่งวัฒนา.
- ศิริกานต์ ผาสุก. (2543). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่องการสกัดและแยก
องค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ.
ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริลักษณ์ หนองเส. (2545). ความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.
ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2538). "แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิชา
วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน," ในเอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากรแกนนำ.
กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2544). เอกสารรายงานผลการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำ
ทำแผนแม่บทระยะยาวและแผนแม่บท พ.ศ. 2545-2549. กรุงเทพฯ.
- (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สรเสรีญ ทรัพย์โตชก. (2528). หลักการแยกสารโดยโครมาโตกราฟีแบบกระดาษและแบบเยื่อบาง.
กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สันทัต ศิริอนันต์ไพบุลย์และชนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ. (2542). เคมีวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). แนวทางการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา : เพื่อ
พร้อมรับการประเมินภายนอก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พิมพ์ดี.
- (2544). การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษา : กรณีศึกษาเวียดนาม. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). รายงานการสัมมนาเรื่อง การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ข้อคิดจากรณีศึกษาของ
ต่างประเทศ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2544). รายงานการเสวนาทางวิชาการ เรื่อง ยุทธศาสตร์ในการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ศึกษา:บทเรียนจากประเทศอังกฤษและญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไพศาลการพิมพ์.
- สุรชาติพิทย์ ศิริไพศาลพิพัฒน์. (2541). เคมีทั่วไป 2. กรุงเทพฯ : โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.
- สุนทร วัฒนพันธ์. (2535). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภท
ทดลองกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์. (2543). เอกสารคำสอนวิชา ปก.421 วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. กรุงเทพฯ :
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุภาพ วาดเขียน. (2526). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. มหาสารคาม : สหบัณฑิต.
- สุมาลี ดำรงไชย. (2537). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกการทดลองจากวัสดุใน
ท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). ทฤษฎีทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2. กรุงเทพฯ :
เจเนอรัลบุ๊ค เซนเตอร์ .
- สุวิทย์ วงษาไฮ. (2532). การศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เขตการศึกษา10
ปีการศึกษา 2531. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- เสาวนีย์ ลิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและ
วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- โสภณ ชัยรัตน์อุดมกุล. (2523). เคมีในปัจจุบัน. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พลศึกษา.
- อนันต์ ทองมอญ. (2527). ชุบโครเมียม-ชุบทอง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์.
- อภิญา สุวรรณสิทธิ์. (2540). การศึกษาและเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และการรับรู้สภาพแวดล้อม
ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดกรมสามัญศึกษาและ
สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา).
มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- อมรรัตน์ เชิงรู้. (2530). การศึกษาทักษะพื้นฐานในการทดลองเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ในเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- อรอุมา ละมุล. (2541). การพัฒนานาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติ ในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อลงกต ช้างเผือก. (2541). การผลิตแคลเซียมคลอไรด์จากเปลือกไข่ไก่. วิทยานิพนธ์. วท.ม. (วิทยาศาสตร์การอาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อุดมลักษณ์ นกพื้งพุ่ม. (2545). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกกระบวนการคิดกับ การสอนโดยใช้ผังมโนมติ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Aiken, L.R. (1979,March). "Attitude towards Mathematics and Science in Iranian Middle Schools", *School Science and Mathematics*. 79(3) : 229-234.
- Ayres, J.B.and C.D. Price. (1975,April). "Children 's Attitudes towards Science", *School Science and Mathematics*. 75(4) : 311-318.
- Banu,D.P. (1985, January). " Attitudes towards Science Held by Secondary Students in Canolar State, Nigeria", *Dissertation Abstracts International*. 45(7) : 2055-A.
- Beasley, W. F. and Heibkinen, H. W. (1983,June). "Mental Practice as a Technique to improve Laboratory Skill Development", *Journal of Chemical Education*. 60(1) : 88-89.
- Beasley, Warren Frederick. (1979,March). "The Effect of Physical and Mental Practice of Psychomotor Skills on Chemistry Student Laboratory Performance", *Dissertation Abstracts International*. 39(9) : 5428-A.
- Davis, Maynard. (1976, January). "The Effectiveness of a Guided-Inquiry Discovery Approach in an Elementary School Science Curriculum", *Dissertation Abstracts International*. 39(7) : 4164-A .
- Klag , William Prentiss. (1990, December). "Effect of Science Materials and Equipment Instruction on Preservice Elementary Teachers' Attitude , Knowledge , and Use of Science", *Dissertation Abstracts International*.51(6) : 2989-A.
- Kolebus, P. (1972,February). "The Effects on the Intelligence, Reading, Mathematics and Interest in Science A Process Approach Science First Entering School", *Dissertation Abstracts International*. 32(1) : 443-A.
- Lindsay, Carioyn Whitehead. (1974, May). "A Study of the Effects of Three Methods of Teaching High School Chemistry Upon Achivement in Chemistry, Critical Thinking Abilities, and Scientific Interest", *Dissertation Abstracts International*. 34(1) : 7068-A.
- Macbeth, Douglas Russel. (1974,January). "The Extent to Which Pupils Manipulate of Process Skills in Elementary School Science", *Journal of Research in Science Teaching*. 11(1) : 45-51.

- Mahan Luther A. (1970, October). "Which Extreme Variant of the Problem Solving Method of Teaching School be More Characteristic of the Many Teacher Variations of Problem-Solving Teaching", *Science Education*. 54(1) : 309-316-A.
- Martar, F.K. (1986, September-October). "An Investigation of the Professional Needs of Science Teachers in Secondary in Bahrain", *Dissertation Abstracts International*. 47(1) : 1270-A.
- McMillan ,J.H. and M. J. Mey. (1979, May). "A Study of Factors Influencing Attitudes towards Science of Junior High School Students", *Journal of Research in Science Teaching*. 16(3) : 217-222.
- Okebokola, P. A. (1986, November). "Cooperative Learning and Students ' Attitudes towards Laboratory Work", *School Science and Mathematics*. 86(7) : 582-590.
- Selim, Mohamed Ahed Mahamed. (1982, January). "The Effect of Discovery and Expository Teaching on Science Achievement and Science Attitude of Male and Female Fifth Grade Students in Egypt", *Dissertation Abstracts International*. 42(7) : 3001-A.
- Serlin, C.R. (1977, March). "The Effects of Discovery Laboratory on The Science Process, Problem-Solving and Creative Thinking Ability of Undergraduate", *Dissertation Abstracts International*. 37(9) : 5729-5730A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
2. ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือการวิจัย ประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์
ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร. วีระพงษ์ แสง-ชูโต
ภาคมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. อาจารย์ ดร. ศิริกานต์ ผาสุก
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาสงครณ
4. อาจารย์ วนิตา อยู่ยี่น
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี
5. อาจารย์ กรุณีย์ สุบิน
โรงเรียนราชวินิตบางแคปานขำ กรุงเทพมหานคร



ที่ ทม 1012/ ๖๔๖๔

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

5 มิถุนายน 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนท่ามะกาวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทปฏิบัติการ และแบบทดสอบ

เนื่องด้วย นางสาวพรยมล บัวศิริ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสารสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3" โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และอาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ทำการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน และทำแบบทดสอบวัดผล การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ในระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2546

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางสาวพรยมล บัวศิริ ได้เก็บข้อมูล ในการทำปริญญานิพนธ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภกร ะหวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

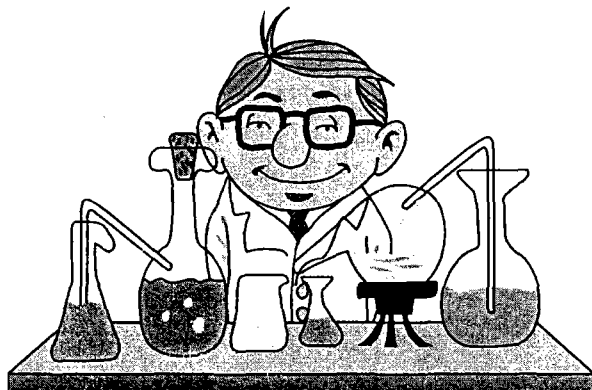
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-7172201 ต่อ 306 มือถือ 09-2100739

ภาคผนวก ข

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร
2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3



โดย...

นางสาวพรมล บัวศิริ
นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์
อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก

ประธาน
กรรมการ

ข้อปฏิบัติสำหรับการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 4 เรื่องจำนวน 8 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการที่ 1.1 เรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

บทปฏิบัติการที่ 1.2 เรื่องการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการที่ 2.1 เรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

บทปฏิบัติการที่ 2.2 เรื่องละลายเร็ว - ละลายช้า

เรื่องที่ 3 ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการที่ 3.1 เรื่องการทำปฏิกิริยาจากหินปูน

บทปฏิบัติการที่ 3.2 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

เรื่องที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการที่ 4.1 เรื่องเปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

บทปฏิบัติการที่ 4.2 เรื่องการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

ซึ่งแต่ละบทปฏิบัติการมีการทดลอง 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ประกอบด้วยบทปฏิบัติการแต่ละเรื่อง ดังนี้ การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร อุณหภูมิของตัวทำละลายมีผลต่อการละลายของสาร การทำปฏิกิริยาจากหินปูน ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร ตามลำดับ และตอนที่ 2 ลองคิด - ลองทำ โดยมีข้อปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ หลักการ และปฏิบัติการทดลองในตอนที่ 1 พร้อมเขียนแบบรายงานผลการทดลอง

2. นักเรียนศึกษากิจกรรมในตอนที่ 2 ลองคิด - ลองทำ ซึ่งเป็นการใช้ความรู้และทักษะปฏิบัติการทดลองจากตอนที่ 1 โดยนักเรียนช่วยกันคิดและทดลองของแต่ละกลุ่ม

3. การทดลองในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 เป็นกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกันจึงควรปฏิบัติการทดลองทั้ง 2 ตอน

4. ระยะเวลาในการเรียนบทปฏิบัติการทั้ง 2 ตอน ใช้เวลา 2 คาบ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 1

วัตถุประสงค์ประกอบ

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 2 บทดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1.1

✖ เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

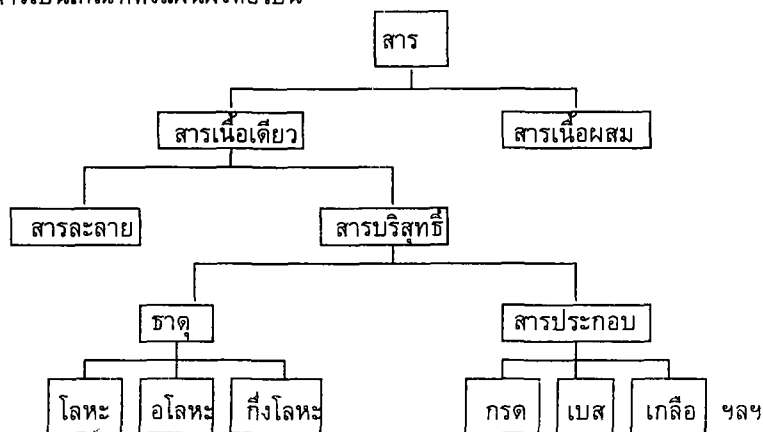
บทปฏิบัติการที่ 1.2

✖ เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ
ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 1.1
เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

สาระสำคัญ

สสาร(Matter) คือสิ่งที่ต้องการที่อยู่และมีมวล(Mass) อยู่ทั่วไปรอบตัวเรามีมากมายหลายชนิดพบได้ทั้งในเปลือกโลกส่วนที่เป็นของแข็ง ในแม่น้ำ ลำคลอง มหาสมุทรและในอากาศ ชั้นหรือส่วนย่อยของสสารเรียกว่า สาร(Substance) ซึ่งประกอบด้วยสารในสถานะของแข็ง ของเหลวและก๊าซ การจัดจำพวกสารโดยใช้ลักษณะเนื้อสารเป็นเกณฑ์ดังแผนผังต่อไปนี้



ธาตุ(Element) หมายถึง สารบริสุทธิ์เนื้อเดียวล้วนที่ไม่สามารถแยกสลายให้เกิดสารใหม่ต่อไปได้อีกด้วยวิธีทางเคมี ธาตุแต่ละชนิดจะประกอบด้วยอะตอมที่เหมือนกัน ชนิดของธาตุแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

- 1) ธาตุจำพวกโลหะ เช่น โซเดียม(Na) อะลูมิเนียม(Al) เหล็ก(Fe) ฯลฯ
- 2) ธาตุจำพวกอโลหะ เช่น ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) กำมะถัน (S) ฯลฯ
- 3) ธาตุจำพวกกึ่งโลหะ เช่น โบรอน (B) ซิลิคอน (Si) ฯลฯ

อะตอม(Atom) คืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่สามารถทำปฏิกิริยาเคมีได้ เช่น ธาตุคาร์บอน(C)

1 อะตอม อาจรวมตัวทางเคมีกับ ธาตุออกซิเจน(O) 2 อะตอม เกิดเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)

1 โมเลกุล อะตอมแต่ละอะตอมประกอบด้วยส่วนที่เป็นแก่นกลาง เรียกว่า นิวเคลียส (Nucleus) ซึ่งประกอบด้วย โปรตอน(Proton)และ นิวตรอน (Neutron) ส่วนบริเวณรอบนอกของนิวเคลียสประกอบด้วย

อิเล็กตรอน (Electron)

โมเลกุล(Molecule) คือหน่วยโครงสร้างที่เล็กที่สุดของธาตุ หรือสารประกอบที่สามารถอยู่ได้โดยอิสระ และยังคงมีสมบัติของธาตุหรือสารประกอบนั้นๆโดยสมบูรณ์ ธาตุบางชนิด เช่นก๊าซมีตระกูลหรือก๊าซเฉื่อย เช่น ฮีเลียม (He) นีออน (Ne) ฯลฯ 1 โมเลกุลประกอบด้วยอะตอมเพียงอะตอมเดียวสามารถอยู่ได้โดยอิสระและมีสมบัติของธาตุนั้นๆทุกประการ ลักษณะของโมเลกุลแบ่งได้ ดังนี้

- 1) โมเลกุลอะตอมเดี่ยว มีจำนวนอะตอมที่เป็นองค์ประกอบเพียง 1 อะตอม

2) โมเลกุลอะตอมคู่ เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วย 2 อะตอมซึ่งอยู่ด้วยกันโดยแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท โมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน เช่น H_2 O_2 ฯลฯ และโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมต่างชนิดกัน เช่น HCl CO ฯลฯ

3) โมเลกุลที่มีอะตอมมากกว่า 2 อะตอมขึ้นไป

สารประกอบ(Compound) หมายถึง สารบริสุทธิ์เนื้อเดียวล้วนซึ่งเกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มารวมกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี มีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างจากธาตุเดิม มีอัตราส่วนของธาตุที่เป็นองค์ประกอบคงที่เสมอ เช่น น้ำ(H_2O) ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน(H) และธาตุออกซิเจน(O) โดยมีอัตราส่วนของ $H : O = 1 : 8$ โดยมวลเสมอ (หรือ $2 : 1$ โดยจำนวนอะตอมเสมอ) และสารประกอบสามารถแยกสลายให้เป็นสารใหม่หรือกลับไปเป็นธาตุเดิมด้วยวิธีทางเคมี เช่น น้ำ(H_2O) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดหนึ่งเมื่อแยกด้วยกระแสไฟฟ้าจะได้ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซออกซิเจน (O_2) ในอัตราส่วนโดยปริมาตร = $2 : 1$

ออกซิเจน เป็นธาตุที่มีสัญลักษณ์ O มีเลขอะตอมเท่ากับ 8 เมื่อเป็นก๊าซมีสูตรโมเลกุล O_2 ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ช่วยไฟฟติดแต่ตัวมันเองไม่ติดไฟ และเป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต

ไฮโดรเจน เป็นธาตุที่มีสัญลักษณ์ H มีเลขอะตอม 1 เป็นก๊าซมีสูตรโมเลกุล H_2 ไม่มีสีไม่มีกลิ่น ติดไฟได้แต่ไม่ช่วยให้ไฟติด ก๊าซผสมระหว่างไฮโดรเจนกับอากาศจะเกิดการระเบิดอย่างรุนแรงจัดว่าเป็นธาตุที่มีความสำคัญมากธาตุหนึ่งและพบว่ามีอยู่ทั่วไปในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และอยู่ในร่างกายคนเราถึง 10 % ของน้ำหนักตัว

การแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า(Electrolysis) คือ การแยกหรือแบ่งองค์ประกอบของสารออกจากกันโดยใช้กระแสไฟฟ้าเป็นวิธีทำให้สารมีไอออนอิสระ และสารละลายที่ได้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือสารละลายที่นำไฟฟ้า

ส่วนประกอบสำคัญของการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า มีดังนี้

- 1) แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก เช่น แบตเตอรี่ ฯลฯ
- 2) ขั้วไฟฟ้า(Electrode) ประกอบด้วย ขั้วบวก (Anode) และขั้วลบ (Cathode)
- 3) สารละลายอิเล็กโทรไลต์

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นสารละลายที่ได้จากการนำสารประกอบที่ต้องการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้า ละลายในน้ำหรือทำให้หลอมเหลวและแตกตัวเป็นไอออนอิสระสามารถเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสื่อนำไฟฟ้าในสารละลาย

อิเล็กโทรไลต์ แบ่งได้เป็น อิเล็กโทรไลต์อ่อนและอิเล็กโทรไลต์แก่ ตามความสามารถของการแตกตัว(degree of dissociation) ที่ความเข้มข้นปกติ(1 โมลาร์) ซึ่งอิเล็กโทรไลต์แก่ แตกตัวได้มาก

ส่วนอิเล็กโทรไลต์อ่อนแตกตัวได้น้อย ตัวอย่าง สารละลายอิเล็กโทรไลต์ มีดังนี้

- สารละลายพวกเกลือ ซึ่งส่วนมากจัดเป็นอิเล็กโทรไลต์แก่

- สารละลายพวกกรดและเบส มีทั้งที่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่และอิเล็กโทรไลต์อ่อน สารละลายกรดและเบสที่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ เช่น กรดไฮโดรคลอริก(HCl) กรดซัลฟิวริก(H_2SO_4) กรดไนตริก(HNO_3) ฯลฯ ส่วนสารละลายพวกเบสที่เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่ เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์($NaOH$) สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH) ฯลฯ ส่วนกรดที่เป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน เช่น กรดอะซิติก($C_2H_4O_2$) และเบสที่เป็นอิเล็กโทรไลต์อ่อน เช่น แอมโมเนีย(NH_3) ฯลฯ

บทปฏิบัติการที่ 1.1

เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

หลักการ

น้ำ(Water) เป็นสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุล H_2O มวลโมเลกุลเท่ากับ 18 ความหนาแน่น 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นของเหลวไม่มีสี ไม่มีกลิ่น จุดเดือด 100 องศาเซลเซียส จุดเยือกแข็ง 0 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 1 บรรยากาศ (760 มิลลิเมตรปรอท)

การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า(Electrolysis of water) คือ การแยกหรือแบ่งองค์ประกอบของสารออกจากกันโดยใช้กระแสไฟฟ้าผลที่เกิดขึ้นจะได้ก๊าซออกซิเจน กับก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของน้ำ ก๊าซทั้งสองชนิดเมื่ออยู่ในธรรมชาติจะอยู่ในสภาพที่เป็นโมเลกุล (โมเลกุล ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป ซึ่งอาจเป็นอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดก็ได้)

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดสอบก๊าซพร้อมทั้งบอกสมบัติของก๊าซที่เกิดขึ้นได้
2. บอกชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของน้ำได้
3. บอกสมบัติของสารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

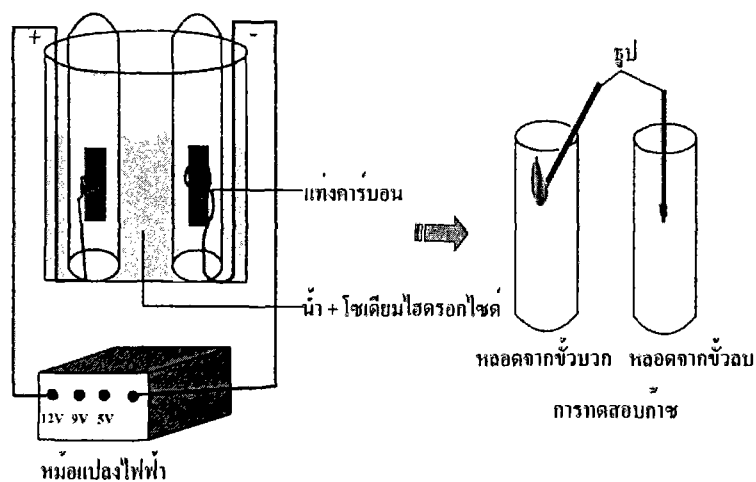
อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดปากกว้างหรือถ้วยพลาสติก	1	ชุด
2. ชุดแบตเตอรี่ หรือหม้อแปลงไฟฟ้า	1	ชุด
3. สายไฟปากจะเข้(สีแดง, สีดำ)	2	เส้น
4. แท่งคาร์บอน พร้อมสายไฟ	2	ชุด
5. บีกเกอร์ขนาด 300 cm^3	3	ใบ
6. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
7. หลอดทดลองขนาดเล็ก	2	หลอด
8. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	1	ชุด
9. รูปและไม้ขีดไฟ	1	ชุด
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	1	ขวด

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำกลั่น 200 cm^3 ใส่ในบีกเกอร์ แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) ลงไป 2 ช้อน
- เบอร์ 2 คนให้ละลาย วัดค่า pH ของสารละลายด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ บันทึกผล
2. เทสารละลายที่ได้ใส่ในขวดปากกว้างหรือถ้วยพลาสติกประมาณ 3 ใน 4 ของขวด
3. นำแท่งคาร์บอนทั้งสองแท่งใส่ในขวดปากกว้างที่เตรียมไว้
4. นำหลอดทดลองขนาดเล็กทั้ง 2 หลอดทำเครื่องหมายสำหรับหลอดที่ต่อกับขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมทั้งใส่สารละลายให้เต็มแล้วใช้หัวแม่มืออุดปากหลอดคว่ำลงในขวดที่มีสารละลายโดยให้ปากหลอดทดลอง ครอบแท่งคาร์บอน แต่ละแท่ง
5. ต่อดังวงจรไฟฟ้าจากชุดทดลองเข้ากับแบตเตอรี่หรือหม้อแปลงไฟฟ้า ดังภาพ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากขั้วทั้งสอง บันทึกผล
6. เมื่อสารละลายในหลอดทดลอง ลดลงจนหมด ดึงสายไฟออกจากแบตเตอรี่ แล้วใช้หัวแม่มืออุดปากหลอดทดลองที่มีก๊าซอยู่เต็มทีละหลอดขึ้นมาจากสารละลาย แล้วหงายหลอดทดลองขึ้นใช้รูบู่จุดไฟติด เป็นเปลวไฟจ่อลงไปหลอดทดลองทีละหลอด สังเกตและบันทึกผล
7. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 ถึงข้อ 5 แต่เปลี่ยนรูปที่ติดเป็นเปลวไฟให้เป็นถ่านแดงทดสอบก๊าซในหลอดทดลองสังเกตและบันทึกผล
8. ทดสอบค่า pH ของสารละลายหลังการทดลองบันทึกผล



ภาพการทดลองการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 1.1 เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

วัน / เดือน / ปี..... กลุ่มที่.....ชั้น.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....
 2.....เลขที่.....หน้าที่.....
 3.....เลขที่.....หน้าที่.....
 4.....เลขที่.....หน้าที่.....
 5.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

ชนิดของสาร	pH ของสาร		ผลการทดสอบก๊าซ			
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ทดสอบด้วยรูปที่ติดเปลวไฟ		ทดสอบด้วยรูปที่ติดถ่านแดง	
			ขั้วบวก(+)	ขั้วลบ(-)	ขั้วบวก(+)	ขั้วลบ(-)

สรุปผลการทดลอง

.....



ยังมีให้ทดลองต่อ นะครับ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ

การทดลองตอนที่ 1 ไม่ยากใช่ไหมเด็กๆ
ลองคิดต่อไปสิ.. ถ้าใช้น้ำจากแหล่งน้ำ
ธรรมชาติ หรือน้ำจากแหล่งอื่นๆ จะได้ผลการ
ทดลองเหมือนกับตอนที่ 1 หรือไม่
อย่าลืม...นำเสนอผลการทดลองตาม
องค์ประกอบ หรืออาจจะตั้งชื่อการทดลองครั้งนี้
ด้วยก็ได้ค่ะ



อ้อ ... น้ำจากแหล่งอื่น เช่น น้ำประปา น้ำในสระ
แล้วองค์ประกอบ ของการนำเสนอผลการทดลอง
ก็คือ ชื่อเรื่อง จุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์และ
สารเคมี วิธีการทดลอง สมมติฐาน ผลการทดลอง
และสรุปผลการทดลอง
อย่างนี้ต้องรีบทดลองนะเพื่อนๆ.....



อาจารย์ครับ....แล้วต้องเติมสาร
ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เหมือน
ตอนที่ 1 หรือเปล่าครับ....

ไม่ต้องเติมค่ะ... แต่ครุมีสาร A, B และสาร
C แทน ให้เลือกเพียง 1 ชนิดเท่านั้น แล้ว
เปรียบเทียบผลการทดลองกับ
กลุ่มเพื่อนนะคะ.....



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะคะ

เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ
ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 1.2
เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

สาระสำคัญ

เกลือแกง(Sodium chloride) เป็นสารที่ใช้เดิมในอาหารหลายประเภทเพื่อเพิ่มรสชาติ และช่วยในการถนอมอาหาร นักสำรวจในยุคโบราณ เช่น กัปตันฮัค(Huck) นำเนื้อมาคลุกเคล้ากับเกลือเพื่อให้เก็บไว้ใช้ ในการเดินทางที่ยาวนาน ชื่อทางเคมีของเกลือแกง คือ โซเดียมคลอไรด์(Sodium chloride) สูตรโมเลกุลหรือสูตรทางเคมี คือ NaCl

สัญลักษณ์ของธาตุ โซเดียม คือ Na

ประโยชน์ - นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง, ใช้ทำโลหะเจือโซเดียม-ตะกั่วนำไปสังเคราะห์เตตระเอทิลและเตตระเมทิล เติมน้ำมันเบนซินเพื่อป้องกันเครื่องยนต์กระตุก, ใช้ในหลอดไฟตามถนน

- โซเดียมเหลว เป็นตัวนำความร้อนที่ดี, ใช้เป็นตัวนำความเย็นในปฏิกรณ์ปรมาณู

โทษ - โซเดียมในรูปธาตุอิสระเป็นพิษอย่างแรง กัดเนื้อเยื่อทำให้เกิดอาการคันและเป็นผื่นแดง ทำปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจนในอากาศอย่างรุนแรง ติดไฟง่าย โลหะโซเดียมจึงต้องเก็บรักษาไว้ในตัวกลางที่เฉื่อย การใช้โลหะนี้ต้องใช้ความระมัดระวังสูง

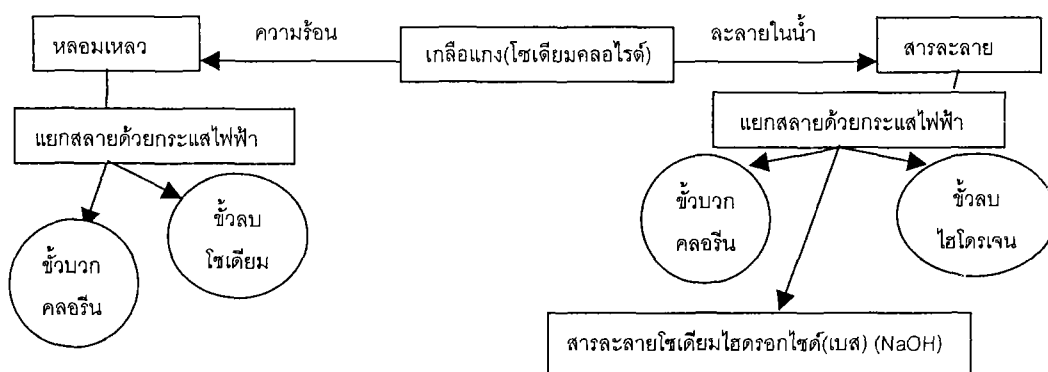
สัญลักษณ์ของธาตุ คลอรีน คือ Cl

ประโยชน์ - คลอรีนมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งใช้ในการทำน้ำประปา, ผสมในน้ำดื่มและของสกรปรกเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ การเตรียมคลอรีนในอุตสาหกรรม ทำได้โดยวิธีการแยกสลายด้วยไฟฟ้า

- ฟอกจางสีได้ โดยใช้ฟอกสีเยื่อกระดาษในอุตสาหกรรมทำกระดาษ, ฟอกสีเยื่อไม้และผ้าฝ้าย คลอรีน เป็นก๊าซสีเหลืองแกมเขียว รวมตัวกับธาตุต่างๆได้ว่องไวมาก, ละลายน้ำได้ดี

โทษ - คลอรีนเป็นพิษอย่างแรงต่อร่างกาย มีกลิ่นฉุนกัดจมูก ทำให้แสบตาและผิวหนังคันเป็นผื่นแดง ระดับการทนได้ของคลอรีน คือ 1 ppm ของอากาศ มีอันตรายต่อระบบหายใจ เช่น สำลักหายใจไม่ออก ซึ่งจัดว่าเป็นก๊าซที่มีประโยชน์และเป็นก๊าซพิษด้วยซึ่งมีการนำมาใช้ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1

การแยกสารละลายเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า แสดงดังแผนภาพ



จากแผนภาพ เกลือแกง เป็นสารประกอบที่มีสถานะของแข็ง เมื่อต้องการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าจะต้องอยู่ในสภาพของเหลวซึ่งทำได้สองวิธี คือ

1) การหลอมเหลวโดยใช้ความร้อน ภายหลังจากการหลอมเหลวทำการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก จะได้ก๊าซคลอรีน และที่ขั้วลบจะได้ธาตุโซเดียม

2) การละลายในน้ำ ได้สารละลายเกลือที่มีไอออนอิสระที่นำไฟฟ้าได้ และการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวกจะได้ก๊าซคลอรีน ที่ขั้วลบจะได้ก๊าซไฮโดรเจนที่เป็นองค์ประกอบในน้ำ ซึ่งทำให้สารละลายที่ได้หลังจากการแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าจะมีสมบัติเป็นเบส คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) หรือเรียกอีกอย่างว่า โซดาไฟ หรือโซดาแอตเผา เป็นสารประกอบที่มีสมบัติเป็นเบส ที่สามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นกำเนิดในผลิตภัณฑ์ต่างๆหลายชนิด เช่น สบู่ สารซักล้าง สารเคมีชนิดใหม่ ฯลฯ

ตัวอย่างสารประกอบ

ชื่อสาร	ชื่อวิทยาศาสตร์	สูตรโมเลกุลหรือสูตรเคมี	จำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
- โซดาไฟหรือ โซดาแอตเผา	โซเดียมไฮดรอกไซด์	NaOH	Na = 1 อะตอม O = 1 อะตอม H = 1 อะตอม
- เกลือแกง	โซเดียมคลอไรด์	NaCl	Na = 1 อะตอม Cl = 1 อะตอม

บทปฏิบัติการที่ 1.2

เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

หลักการ

การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า โดยนำสารประกอบที่ต้องการแยก ละลายในน้ำและสารละลายที่ได้มีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์หรือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ แล้วแยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบว่าสารที่ต้องการศึกษาเป็นธาตุหรือสารประกอบและ วิธีการแยกสลายสารด้วยกระแสไฟฟ้าจัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ที่สามารถแยกองค์ประกอบของสารแล้วทำให้ได้สารใหม่ที่มีสมบัติต่างไปจากเดิม เกลือแกงหรือ โซเดียมคลอไรด์(NaCl)เป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่น การถนอมอาหาร เพิ่มรสชาติอาหาร อีกทั้งเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าเครื่องใช้อีกหลายประเภท

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกองค์ประกอบของสารละลายน้ำเกลือที่แยกด้วยกระแสไฟฟ้าได้
2. อธิบายหลักการและผลการทดลองการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้าได้
3. บอกประโยชน์ของสารที่ได้จากการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้
4. ยกตัวอย่างและบอกชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบชนิดอื่น ๆ ที่พบในชีวิตประจำวันได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

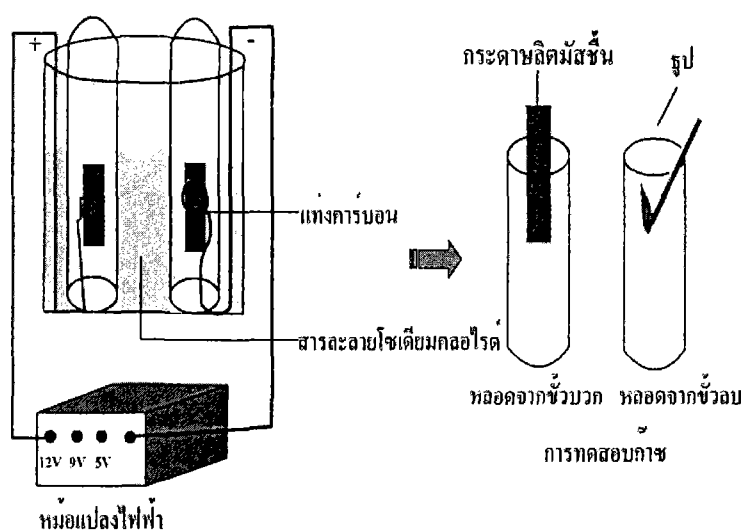
อุปกรณ์และสารเคมี

1. ขวดปากกว้างหรือถ้วยพลาสติก	1	ชุด
2. ชุดแบตเตอรี่ หรือหม้อแปลงไฟฟ้า	1	ชุด
3. สายไฟปากจะเข้(สีแดง, สีดำ)	2	เส้น
4. แท่งคาร์บอน พร้อมสายไฟ	2	ชุด
5. บีกเกอร์ขนาด 300 cm ³	3	ใบ
6. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
7. หลอดทดลองขนาดเล็ก	2	หลอด
8. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์, กระดาษลิตมัส	1	ชุด
9. ฐูปและไม้ขีดไฟ	1	ชุด
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	500	กรัม
12. ปากคืบโลหะ	1	อัน

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำกลั่น 200 cm^3 ใส่ในบีกเกอร์ แล้วเติมโซเดียมคลอไรด์(NaCl) ลงไป 3 ช้อนเบอร์ 2 คนให้ละลาย แล้ววัดค่า pH ของสารละลาย บันทึกผล
2. นำสารละลายที่ได้เทใส่ในขวดปากกว้างหรือถ้วยพลาสติกประมาณ 3 ใน 4 ของขวด แล้วนำแท่งคาร์บอนที่เตรียมไว้ใส่ในขวดปากกว้างที่มีสารละลายดังกล่าว
3. นำหลอดทดลองขนาดเล็กทั้ง 2 หลอดทำเครื่องหมายสำหรับหลอดที่ต่อกับขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมทั้งใส่สารละลายให้เต็ม แล้วใช้หัวแม่มืออุดปากหลอดคว่ำลงในขวดที่มีสารละลายโดยให้ปากหลอดทดลองครอบแท่งคาร์บอน แต่ละแท่ง
4. ต่ोजจรไฟฟ้าจากชุดทดลองเข้ากับแบตเตอรี่หรือหม้อแปลงไฟฟ้า ดังภาพ สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
5. เมื่อสารละลายในหลอดทดลองที่ต่อกับขั้วลบลดลงจนหมด จึงดึงสายไฟออกจากแบตเตอรี่ แล้วใช้หัวแม่มืออุดปากหลอดทดลองจากขั้วลบที่มีก๊าซอยู่ ขึ้นมาจากสารละลายแล้วหงายหลอดทดลองขึ้นใช้รูประฆังไฟติดเป็นเปลวไฟจ่อลงไปหลอดทดลอง สังเกตและบันทึกผล
6. นำหลอดทดลองจากขั้วบวกทำเช่นเดียวกับข้อ 5 แต่เปลี่ยนจากการใช้รูประฆังไฟติดเป็นเปลวไฟเป็นกระดาษลิตมัสขึ้น แล้วใช้ปากคีบโลหะคีบกระดาษจ่อเข้าไปในหลอดทดลอง สังเกตและบันทึกผล
7. ทดสอบค่า pH ของสารละลายหลังการทดลองบันทึกผล



ภาพการทดลองการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 1.2 เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....ชั้น.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....
 2.....เลขที่.....หน้าที่.....
 3.....เลขที่.....หน้าที่.....
 4.....เลขที่.....หน้าที่.....
 5.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

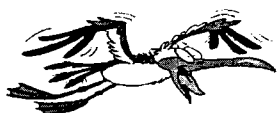
.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

ชนิดของสาร	pH ของสารละลาย		ผลการทดสอบก๊าซ	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส	ทดสอบด้วยรูปที่ติดถ่านแดง
			ขั้วบวก(+)	ขั้วลบ(-)

สรุปผลการทดลอง

.....



ยังมีให้ทดลองต่อนะคะ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ



จากการทดสอบก๊าซที่ซื้อมาพบว่า
สามารถพอกางสีของกระดาษลิทมัสขึ้น
ได้หรือไม่?...แล้วถ้านักเรียนใช้วัสดุอื่น
แทนกระดาษลิทมัสจะได้ผลเหมือนกัน
หรือต่างกันอย่างไร ?
อย่างนี้ต้องลองทำนะ...



ถ้าใช้กลีบดอกไม้ พวกดอกอัญชัน
ดอกชบา หรือดอกไม้ในโรงเรียนของเรา
แทนก็ประหยัดดีเหมือนกันนะ หรือเพื่อน
มีวิธีการทดลองอย่างอื่นไหมครับ ?
ต้องลองทำดูนะเพื่อนๆ.....

ถ้านำดอกไม้มาทำเป็นกระดาษลิทมัส
ด้วยก็ดีเหมือนกันนะ ...
เอ!...แล้วจะมีวิธีทำอย่างไรละต้อง
ปรึกษาอาจารย์แล้วลองทำดูนะครับ
อย่าลืมเก็บข้อมูลแล้วนำเสนอกับ
กลุ่มเพื่อนด้วยละ....



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะครับ

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ

1. ก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้งสองเป็นก๊าซชนิดใด และมีสมบัติอย่างไร อธิบาย ?

.....

.....

.....

2. จากการทดลอง "น้ำ" จัดเป็นธาตุหรือสารประกอบ เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

3. โมเลกุลของน้ำ มีอัตราส่วนของธาตุองค์ประกอบ อย่างไร ?

.....

.....

.....

4. ถ้าใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติแทนน้ำกลั่น ได้ผลการทดลองเป็นอย่างไร ?

.....

.....

.....

5. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อวิธีการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า คือสิ่งใดบ้าง ?

.....

.....

.....

6. จากผลการทดลอง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า ก๊าซที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกมีสมบัติเหมือนหรือต่างจาก
ขั้วลบหรือไม่ อย่างไร ?

.....

.....

.....

7. องค์ประกอบของน้ำเกลือที่แยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าประกอบด้วยสารชนิดใดบ้าง ?

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 2

การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 2 บทดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 2.1

✱ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

บทปฏิบัติการที่ 2.2

✱ เรื่อง ละลายเร็ว - ละลายช้า

เรื่อง การเปลี่ยนสถานะ
ในความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 2.1
เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

สาระสำคัญ

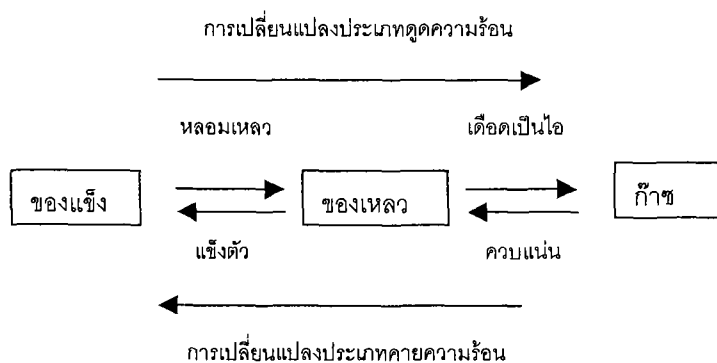
สถานะ หมายถึง สภาวะ หรือภาวะของสารในขณะหนึ่ง ซึ่งสารสามารถอยู่ได้ 3 สถานะ ดังนี้

- 1) สถานะของแข็ง เช่น หิน แก้ว น้ำแข็ง ฯลฯ ของแข็งมีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอน ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย อนุภาคของของแข็งจะอยู่กันอย่างเบียดชิด และยึดกันอย่างเหนียวแน่น
- 2) สถานะของเหลว เช่น น้ำ น้ำโซดา ปรอท ฯลฯ รูปร่างของของเหลวขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ และปริมาตรจะคงที่ไม่ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างภาชนะไปอย่างไร อนุภาคของของเหลวจะเคลื่อนไหวยาวไปมาและอยู่ชิดกัน
- 3) สถานะก๊าซ เช่น อากาศ ไอน้ำ สารในสถานะก๊าซรูปร่างและปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ อนุภาคของก๊าซจะอยู่กันอย่างอิสระและอยู่ห่างจากกัน

การเปลี่ยนสถานะ

การเปลี่ยนสถานะของสาร อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของของแข็ง เป็นของเหลว หรือของเหลว เปลี่ยนเป็นไอ หรือ การที่ไอเปลี่ยนเป็นของเหลว หรือของเหลวเปลี่ยนเป็นของแข็งขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของสารชนิดนั้นๆ สารอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้หลายแบบ เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็งจนถึงอุณหภูมิที่เรียกว่า "จุดหลอมเหลว" ของแข็งจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของเหลว และถ้าให้ความร้อนแก่ ของเหลวจนถึงอุณหภูมิที่เรียกว่า "จุดเดือด" ของเหลวก็จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นก๊าซ

พลังงานกับการเปลี่ยนสถานะ



การหลอมเหลวและจุดหลอมเหลว

ของแข็งเมื่อได้รับพลังงานความร้อน อนุภาคภายในของแข็งจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้น มีการสั่นมากขึ้น และเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจนถึงจุดหนึ่ง อนุภาคภายในของแข็งจะมีการสั่นอย่างรุนแรงจนอนุภาคภายในของแข็งแยกออกจากกันและเคลื่อนที่ไปมาได้ นั่นคือ ของแข็งกลายเป็นของเหลว เรียกว่า การหลอมเหลว และเมื่อของเหลวถูกทำให้เย็นลง อนุภาคภายในของเหลวก็จะมีพลังงานจลน์ลดลง

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมีค่ามากขึ้นทำให้อนุภาคชิดกันมากขึ้นจนไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ แต่สั่นได้เท่านั้น นั่นคือ ของเหลวกลายเป็นของแข็ง เรียกว่า การแข็งตัว อุณหภูมิที่ทำให้ของแข็งหลอมเหลวหรือของเหลวแข็งตัวเป็นอุณหภูมิเดียวกัน

การกลายเป็นไอ การระเหย และการเดือด

การกลายเป็นไอ หมายถึง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ เมื่อของเหลวได้รับพลังงานความร้อนพอที่จะทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงพอ จนเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้ โมเลกุลก็จะหลุดออกจากของเหลวกลายเป็นไอ และถ้าไอคายพลังงานความร้อนออกมา โมเลกุลก็จะมีพลังงานจลน์น้อยลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ช้าลง เกิดแรงยึดเหนี่ยวโมเลกุลมากขึ้นจนโมเลกุลรวมกันเป็นสารในสถานะของเหลว การที่สารเปลี่ยนสถานะจากไอหรือก๊าซเป็นของเหลว เรียกว่า การควบแน่นหรือการกลั่นตัว

การระเหย หมายถึง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ อย่างช้าๆ และเกิดเฉพาะผิวหน้าของของเหลวเท่านั้น การระเหยเกิดขึ้นได้ทุกๆอุณหภูมิที่ยังมีของเหลวนั้นอยู่

การเดือด เมื่อของเหลวได้รับความร้อนจะทำให้โมเลกุลของของเหลวมีพลังงานจลน์สูงขึ้น จึงหลุดจากของเหลวกลายเป็นไรมากกว่าภาวะปกติ ถ้าให้ความร้อนแก่ของเหลวจนถึงระดับหนึ่งโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงถึงภาวะไ้มีมากจนหลุดออกจากของเหลวทางผิวหน้าของเหลวไม่ทัน จึงเกิดฟองของไอบนภายในของเหลวตลอดทุกส่วนของของเหลว และฟองไอนี้จะมีขนาดโตมากขึ้นเรื่อยๆขณะที่ลอยตัวขึ้นสู่ผิวหน้าของของเหลว แล้วหลุดไปจากของเหลวในที่สุด ปรากฏการณ์ดังกล่าว เรียกว่า การเดือด และการเดือดจะเกิดขึ้นเมื่อความดันไอของเหลวเท่ากับความดันของบรรยากาศเท่านั้น ส่วนอุณหภูมิขณะที่ของเหลวเดือด เรียกว่า จุดเดือด

ประโยชน์ของการเปลี่ยนสถานะของสาร

- 1) ใช้ในการหล่อวัตถุ เช่น การนำแท่งเหล็กมาหลอมเหลวแล้วเทลงในแม่พิมพ์
- 2) การทำน้ำแข็ง โดยการทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง
- 3) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังไอน้ำ โดยการนำน้ำมาต้มให้เดือดกลายเป็นไอ

การทำเทียนไขในสมัยโบราณ โดยทำจากไขมันของสัตว์ และได้พัฒนามาเป็นไขมันจากพืชและปัจจุบันวัตถุดิบที่นำมาทำเทียนได้มาจากผลิตภัณฑ์จากขบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมและวัสดุปรุงแต่งอื่นที่ช่วยเพิ่มความแกร่ง ได้จุดหลอมเหลวที่สูงกว่า มีสีกลิ่นที่สวยงาม มีกลิ่นหอมเพื่อใช้ประโยชน์ตามต้องการ วัตถุดิบที่ใช้ในปัจจุบัน คือ พาราฟิน (Paraffin) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้มาจากขบวนการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม พาราฟินที่นำมาใช้ในการทำเทียน ได้แก่

Normal Paraffin เป็นส่วนเหลือจากการกลั่นน้ำมัน หรือ เรียกว่ากากน้ำมัน มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวขุ่น บางครั้งจะมีสีเหลือง มักพบเห็นในลักษณะเป็นแผ่น มีกลิ่นคล้ายน้ำมันก๊าด มีจุดหลอมเหลวต่ำที่ 40-50 °C พาราฟินชนิดนี้จะมีควันมากตัวเทียนอ่อนคองได้ง่ายบางครั้ง เรียกว่า เทียนขาวชนิดแผ่น

Fully Paraffin พาราฟินชนิดนี้สกัดได้มาจาก Normal Paraffin เป็นของแข็งสีขาวใส ไม่มีกลิ่น มีจุดหลอมเหลวที่ 60-70 °C นิยมนำมาทำเทียนประเภทสวยงาม โดยทั่วไปพบเห็นได้ 2 ชนิดได้แก่

- 1) ชนิดเป็นเกล็ด ชนิดนี้มีความใส แวววาวและแกร่งกว่าชนิดแผ่น ราคาสูงหาซื้อได้ยาก
- 2) ชนิดแผ่น ชนิดนี้มีราคาต่ำ ซื้อได้ตามร้านเคมีภัณฑ์ทั่วไป

บทปฏิบัติการที่ 2.1

เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

หลักการ

สสารสามารถเปลี่ยนสถานะหนึ่งไปสู่ อีกสถานะหนึ่งได้โดยการเปลี่ยนอุณหภูมิ การเปลี่ยนสถานะโดยการเปลี่ยนอุณหภูมินั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น แต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงสีได้ การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้สารใหม่เกิดขึ้นมีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานซึ่งอาจมีการให้หรือรับพลังงาน เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การหลอมเหลว คือ การที่ของแข็งได้รับความร้อนจนถึงขีดอุณหภูมิที่หลอมตัวกลายเป็นของเหลว ของแข็งต่างชนิดกันจะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่างกัน อุณหภูมิที่ของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลว เรียกว่าจุดหลอมเหลว เช่น เทียนไขหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 52°C และน้ำแข็งหลอมเหลวเป็นน้ำที่อุณหภูมิ 0°C

การแข็งตัว คือ การที่สสารที่เป็นของเหลวเปลี่ยนสถานะไปเป็นของแข็ง เช่น เทียนไข ถูกความร้อนจากเปลวไฟกลายเป็นของเหลว แล้วเมื่อเย็นลง (คายความร้อน) จะแข็งตัวเป็นของแข็ง หรือน้ำที่เป็นของเหลวเมื่ออุณหภูมิตั้งจุดเยือกแข็ง จะกลายป็นน้ำแข็ง

การกลายเป็นไอ คือ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ(ก๊าซ) เมื่อของเหลวนั้นได้รับความร้อน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆเฉพาะที่ผิวหน้าของของเหลว

การเดือด คือ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ(ก๊าซ) เมื่อของเหลวนั้นได้รับความร้อน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเกิดทั่วทุกส่วนในของเหลวนั้น

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของสารได้
2. ทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาในการเปลี่ยนสถานะของสารโดยใช้ความร้อนได้
3. นำหลักการของการเปลี่ยนสถานะของสารไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสิ่งต่างๆได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

อุปกรณ์และสารเคมี

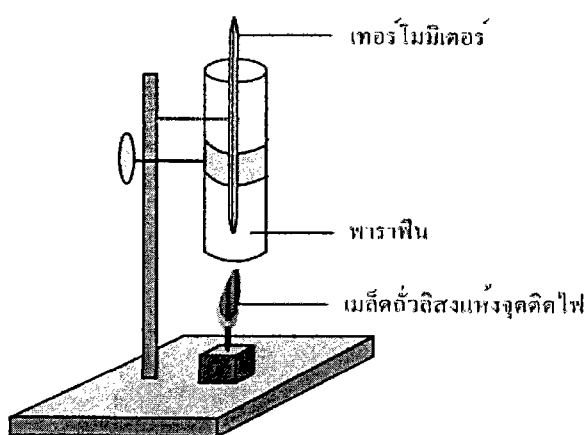
- | | | |
|--|---|------|
| 1. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ตะแกรงลวดพร้อมที่กั้นลม | 1 | ชุด |
| 2. ที่จับหลอดทดลองพร้อมขาตั้ง | 1 | ชุด |
| 3. หลอดทดลองขนาดใหญ่ | 3 | หลอด |
| 4. บีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 | 1 | ใบ |
| 5. แท่งแก้วคนสาร | 1 | อัน |
| 6. พาราฟิน | 1 | กรัม |

7. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
8. ซ่อนตักสารเบอร์ 2	1	อัน
9. แท่งเหล็กเสียบถั่วลิสง	1	อัน
10. ไม้ขีดไฟ	1	อัน
11. เมล็ดถั่วลิสงแห้ง	6	เมล็ด
12. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. ชั่งพาราฟินที่หั่นเป็นแผ่นบางๆ จำนวน 1 กรัมใส่หลอดทดลองปิดด้วยจุกยางที่เสียบเทอร์โมมิเตอร์แล้วติดตั้งเข้ากับที่จับหลอดทดลองพร้อมขาตั้ง
2. นำถั่วลิสงแห้ง 1 เมล็ดซึ่งน้ำหนัก บันทึกผล แล้วนำไปเสียบกับเหล็กเสียบที่เตรียมไว้ จากนั้นเผาเมล็ดถั่วด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ให้ติดเป็นเปลวไฟ แล้วนำไปจ่อใต้หลอดทดลองที่เตรียมไว้ ดังภาพ
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของพาราฟินจนหลอมเหลวหมดพอดี บันทึกเวลาและอุณหภูมิ
4. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 3 แต่เพิ่มปริมาณเมล็ดถั่วเป็น 2 และ 3 เมล็ดตามลำดับ แล้วเปรียบเทียบระยะเวลาและอุณหภูมิของการหลอมเหลวของพาราฟิน ที่ใช้ความร้อนจากเมล็ดถั่วที่มีปริมาณน้ำหนักแตกต่างกัน บันทึกผล



ภาพการทดลองความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 2.1 เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

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

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

สารที่ใช้ทดสอบ	จำนวน เมล็ดถั่ว	น้ำหนัก ถั่วลิสง(กรัม)	ระยะเวลาเมื่อพาราฟิน หลอมเหลวหมดพอดี(วินาที)	อุณหภูมิของพาราฟินเมื่อ หลอมเหลวหมดพอดี($^{\circ}\text{C}$)
พาราฟิน	1 เมล็ด			
	2 เมล็ด			
	3 เมล็ด			

สรุปผลการทดลอง

.....



ยังมีให้ทดลองต่อนะครับ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ

นักเรียนลองทบทวนเรื่องการเปลี่ยนสถานะ
ของสารจากใบความรู้อีกครั้งนะคะ... แล้ว
ลองคิดว่า ถ้าต้องการทดสอบเรื่องการ
เปลี่ยนสถานะของสารชนิดอื่นผลการทดลอง
ที่ได้จะเป็นอย่างไร ? และนำหลักการ
ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในเรื่องใดบ้าง ?



สารชนิดอื่นที่สามารถหาได้ง่าย อาจ
จะเป็นสถานะของแข็ง ของเหลว และ
ก๊าซ... ก็มาลองทำดูนะคะเพื่อนๆ
แต่ควรเลือกสารที่ไม่เป็นอันตรายนะ...
เอ้า! ลองช่วยกันคิดเร็วๆ...



สำหรับสารที่ให้ความร้อนน่าจะมีสาร
ชนิดอื่นที่ใช้แทนถั่วลิสงก็ได้นะคะ...
ลองทำวิธีเดียวกับตอนที่ 1 หรือเพื่อนๆ
มีความคิดที่จะลองทำวิธีใหม่ก็ได้
อย่าลืมคิดแล้วปรึกษาอาจารย์ด้วย
เดี๋ยวเกิดอันตราย!



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะคะ

เรื่องที่ การเกิดสารละลาย
ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 2.2
เรื่อง ละลายเร็ว - ละลายช้า

สาระสำคัญ

สารละลาย คือ สารเนื้อเดียวที่ไม่บริสุทธิ์มีองค์ประกอบหลายชนิดรวมกัน โดยที่สามารถแยกองค์ประกอบออกจากกันได้ สารละลายต้องประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย มีทั้ง 3 สถานะ ได้แก่ สถานะของแข็ง สถานะของเหลว สถานะก๊าซ

องค์ประกอบของสารละลาย ประกอบด้วย

ตัวทำละลาย(solvent) เป็นองค์ประกอบในสารละลายที่มีปริมาณสารมากกว่า

ตัวถูกละลาย(solute) เรียกอีกอย่างว่า ตัวละลาย เป็นองค์ประกอบในสารละลายที่มีปริมาณสารน้อยกว่า

▶ ถ้าตัวทำละลายและตัวถูกละลาย มีสถานะเดียวกันสารที่มีปริมาณมาก เรียกว่า ตัวทำละลาย ส่วนสารที่มีปริมาณน้อย เรียกว่า ตัวถูกละลาย

▶ ถ้าตัวทำละลายและตัวถูกละลาย มีสถานะต่างกัน สารที่มีสถานะเหมือนกับสารละลายจัดเป็นตัวทำละลาย และสารที่มีสถานะต่างไปจากสารละลายจัดเป็นตัวถูกละลาย

การละลายของสารต่างๆในตัวทำละลาย จะมีค่าเล็กน้อยแตกต่างกันออกไป สำหรับปริมาณของตัวถูกละลายในตัวทำละลายนั้นเราเรียกว่า ความเข้มข้นของสารละลาย

สมบัติของสารละลาย มีดังนี้

- 1) ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย
- 2) มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอดทุกส่วน
- 3) สามารถแยกตัวทำละลายและตัวถูกละลายได้โดยวิธีทางกายภาพ
- 4) มีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และจุดเยือกแข็งไม่คงที่

การบอกปริมาณความเข้มข้นมี 3 วิธีดังนี้

1) ร้อยละโดยน้ำหนัก หมายถึง น้ำหนักของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วย น้ำหนักเดียวกัน เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์(NaCl) เข้มข้น 2 %โดยน้ำหนัก หมายถึงโซเดียมคลอไรด์(NaCl)หนัก 2 กรัมละลายอยู่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์(NaCl)หนัก 100 กรัม สารละลายนี้เตรียมได้โดยชั่งโซเดียมคลอไรด์(NaCl) มาหนัก 2 กรัม ละลายในน้ำ 98 กรัม จะได้สารละลายหนัก 100 กรัม การบอกความเข้มข้นวิธีนี้ใช้กันมากถ้าตัวถูกละลายเป็นของแข็ง

2) ร้อยละโดยปริมาตร หมายถึง ปริมาตรของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วย ปริมาตร ใช้กับตัวถูกละลายที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายแอลกอฮอล์เข้มข้น 10 % โดยปริมาตร หมายถึง แอลกอฮอล์ 10 cm³ ละลายอยู่ในสารละลาย 100 cm³

3) ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง น้ำหนักของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร เช่น สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์(KCl) เข้มข้น 10 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึง โพแทสเซียมคลอไรด์(KCl) 10 กรัม ละลายอยู่ในสารละลาย 100 cm³

ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย มีดังนี้

1) ชนิดของตัวทำละลาย ตัวถูกละลายชนิดเดียวกันเมื่อนำไปละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ย่อมมีสภาพการละลายต่างชนิดกัน

2) ชนิดของตัวถูกละลาย ตัวถูกละลายต่างชนิดกันนำไปละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกันย่อมมีสภาพการละลายต่างกัน

สภาพการละลาย จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารทั้ง 2 ชนิด ถ้าตัวถูกละลายและตัวทำละลายมีโครงสร้างคล้ายกันก็มีสภาพการละลายได้ดี ซึ่งเราสามารถนำความรู้มาพัฒนาในการสกัดสารบางชนิดได้

3) อุณหภูมิ โดยทั่วไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารจะมีสภาพการละลายเพิ่มขึ้น ยกเว้นสารในสถานะก๊าซ

4) ความดัน ความดันยิ่งสูงสภาพการละลายจะยิ่งเพิ่มขึ้น สังเกตได้จากก๊าซละลายได้มากเมื่ออุณหภูมิต่ำและความดันสูง ซึ่งสามารถนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ในอุตสาหกรรมการทำน้ำอัดลม น้ำโซดา และแอมโมเนีย

ตัวอย่างสารละลายบางชนิด

สถานะของสารละลาย	ชื่อสารละลาย	ตัวทำละลาย	ตัวถูกละลาย
ของแข็ง	ทองเหลือง	ทองแดง 60 %	สังกะสี 40 %
ของเหลว	น้ำเชื่อม	น้ำ	น้ำตาลทราย
ก๊าซ	แก๊สทุ้งต้ม	ก๊าซโพรเพน	ก๊าซบิวเทน + สารมีสี

บทปฏิบัติการที่ 2.2

เรื่อง ละลายเร็ว - ละลายช้า

หลักการ

สารละลาย เป็นสารเนื้อเดียวที่ไม่ใช่สารบริสุทธิ์ซึ่งประกอบด้วยสารตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่าโดยมีองค์ประกอบสองส่วน คือ ตัวทำละลายและตัวถูกละลายมาผสมรวมกัน โดยอัตราส่วนของการผสม ไม่คงที่ และสารที่เกิดขึ้นจากการผสมนี้จะแสดงสมบัติที่ไม่คงที่ สารละลายส่วนใหญ่จะมีน้ำเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี ซึ่งสามารถละลายสารต่างๆ ได้หลายชนิด ดังนั้นในสารละลายที่เป็นของเหลวโดยมิได้ระบุถึงประเภทของตัวทำละลาย ก็หมายความว่า สารละลายนั้นมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ส่วนของเหลวที่มีตัวทำละลายที่ไม่ใช่น้ำจะต้องมีการระบุว่ามีสารใดเป็นตัวทำละลายเสมอ

ความสามารถในการละลายของสาร

สารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างกัน และสารชนิดเดียวกันจะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ต่างกัน นอกจากนี้ตัวทำละลายชนิดเดียวกันยังสามารถละลายสารได้ต่างกันด้วย ซึ่งสามารถนำความรู้เรื่องความสามารถในการละลายของสารในตัวทำละลายชนิดหนึ่งๆ ไปใช้ในการจำแนกสารได้ นอกจากชนิดของสารที่มีผลต่อการละลายแล้ว ยังมีอุณหภูมิ และความดัน ซึ่งการละลายของสารจะเพิ่มขึ้นในอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่วนที่ความดันสูง สารในสถานะก๊าซจะละลายได้ดีขึ้น

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายปัจจัยเกี่ยวกับ อุณหภูมิ และชนิดของตัวถูกละลายกับตัวทำละลายที่มีผลต่อการละลายของสารได้
2. ทดลองใช้สารที่มีในชีวิตประจำวันแทนสารเคมีจากห้องปฏิบัติการในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการละลายได้
3. ยกตัวอย่างชนิดและบอกถึงองค์ประกอบของสารละลายในสถานะของแข็ง ของเหลวและก๊าซได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 อุณหภูมิของตัวทำละลายมีผลต่อการละลายของสาร

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บีกเกอร์ขนาด 60 cm ³	5	ใบ
2. ช้อนตักสารเบอร์ 1	1	อัน
3. เทอร์โมมิเตอร์	1	อัน
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ที่กั้นลม, ตะแกรงลวด	1	ชุด
5. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³ , 500 cm ³ อย่างละ	1	ใบ
6. หลอดฉีดยา	1	อัน
7. กระบอกตวงขนาด 10 cm ³	1	อัน
8. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	1	ขวด

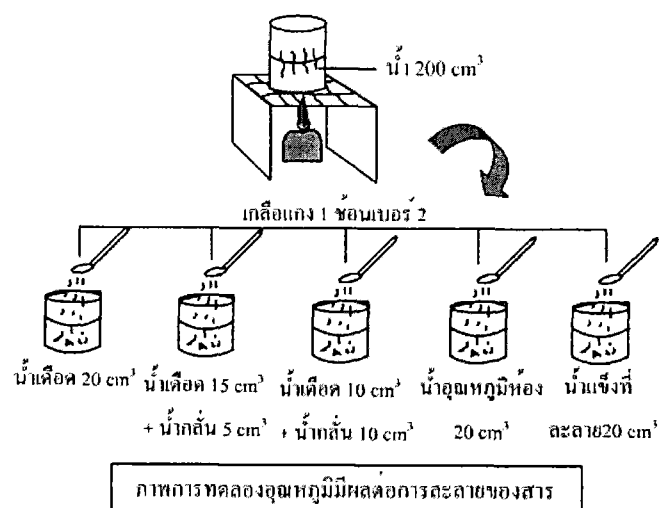
9. น้ำแข็ง	200	cm ³
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
12. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. นำน้ำกลั่นปริมาตร 200 cm³ ใส่ในบีกเกอร์ต้มจนเดือด
2. เตรียมน้ำแข็ง ใส่บีกเกอร์ขนาด 200 cm³ ตั้งทิ้งไว้ให้ละลาย
3. เตรียมบีกเกอร์ขนาด 60 cm³ จำนวน 5 ใบ พร้อมทำหมายเลขบีกเกอร์ใบที่ 1,2,3,4 และ 5 ตามลำดับ
4. เตรียมชั่งโซเดียมคลอไรด์ไว้ล่วงหน้าจำนวน 5 ชุดๆละ 1 กรัม
5. นำน้ำเดือดใส่บีกเกอร์ ใบที่ 1, 2, 3 ปริมาตร 20 cm³ 15 cm³ 10 cm³ แล้วเติมน้ำกลั่นในบีกเกอร์ที่ 2, 3 ให้มีปริมาตรครบ 20 cm³ ตามลำดับและใบที่ 4 ใส่น้ำกลั่นที่ยังไม่ต้ม ปริมาตร 20 cm³ ส่วนบีกเกอร์ใบที่ 5 ใส่น้ำแข็งที่ละลายปริมาตร 20 cm³ วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์แต่ละใบ บันทึกผลตามลำดับ วางทิ้งไว้โดยไม่ต้องเขย่า ดังภาพ สังเกตและบันทึกผลทุกๆ 5 นาที จนครบ 15 นาที
6. นำโซเดียมคลอไรด์(NaCl) ใส่ในบีกเกอร์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 บีกเกอร์ละ 1 กรัม

หมายเหตุ วิธีการทดลองในข้อที่ 5 ควรปฏิบัติทันทีหลังจากวัดอุณหภูมิของน้ำแล้ว และการสังเกตการละลายควรมองผ่านทางด้านกันบีกเกอร์ เนื่องจากมีสภาพที่เรียบสังเกตได้ชัดเจน



รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 2.2 เรื่อง ละลายเร็ว - ละลายช้า

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

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

บีกเกอร์ที่	อุณหภูมิของ ตัวทำละลาย(น้ำ, °C)	โซเดียมคลอไรด์(NaCl)	ผลการละลายเมื่อวางทิ้งไว้		
			5 นาที	10 นาที	15 นาที
1					
2					
3					
4					
5					

สรุปผลการทดลอง

.....



ยังมีให้ทดลองต่อนะคะ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ

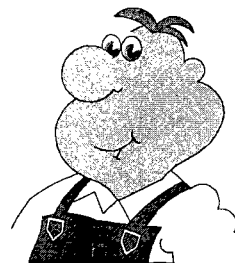


อาจารย์มีสารที่จะให้นักเรียนทดลอง ดังนี้
 ผงชูรส น้ำตาลทราย เกลือแกง น้ำมันพืช
 น้ำส้มสายชู น้ำปูนใส น้ำกลั่น
 จะนำสารเหล่านี้มาทดลองเกี่ยวกับชนิดของ
 ตัวทำละลายและตัวถูกละลายเป็นปัจจัยที่มีผลต่อ
 การละลายของสารได้อย่างไร ?
 ลองช่วยกันคิดวิธีทดลองกับเพื่อนๆ...นะครับ



กลุ่มผมขอเลือกทดลองตัวทำละลายที่เป็น
 ชนิดเดียวกันและตัวถูกละลายต่างชนิดกัน
 เพื่อนๆช่วยกันคิดวิธีทดลองนะครับ
 แล้วแลกเปลี่ยนผลการทดลองของแต่ละกลุ่ม
 จะได้ทดลองทันเวลา....

ส่วนกลุ่มของผม จะทดลองตัวทำละลาย
 ที่ต่างชนิดกันแต่ตัวถูกละลายชนิดเดียวกัน
 นะครับ...
 อ้อ!...อย่าลืมตั้งชื่อเรื่องการทดลองของกลุ่ม
 ตัวเองและบันทึกผลการทดลองด้วยล่ะ...



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะครับ

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย

1. เมื่อให้ความร้อนกับพาราฟินในหลอดทดลอง ระยะเวลาของการหลอมเหลว และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสาร เป็นอย่างไร ?

.....

.....

.....

2. ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เมล็ดถั่วก็เมล็ด ที่ทำให้พาราฟินหลอมเหลวได้เร็วที่สุด เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

3. ถ้าวางพาราฟิน ที่หลอมเหลวแล้วไว้สักครู่ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียน ยกตัวอย่างการเปลี่ยนสถานะของสารเมื่อได้รับความร้อนตามธรรมชาติ อย่างน้อย 2 ชนิด ?

.....

.....

.....

5. นักเรียนสามารถนำหลักการของการเปลี่ยนสถานะของสารไปใช้ประโยชน์ อย่างไรบ้าง ?

.....

.....

.....

6. การละลายของเกลือแกง ในแต่ละบีกเกอร์ที่มีอุณหภูมิต่างกัน ได้ผลเหมือนกัน หรือ ต่างกันอย่างไร อธิบาย ?

.....

.....

.....

7. อุณหภูมิของน้ำระดับใด ที่มีผลต่อการละลายของเกลือแกงได้เร็วที่สุด และช้าที่สุดตามลำดับ?

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 3

ปฏิกิริยาเคมี

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 2 บทดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 3.1

✖ เรื่อง การทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน

บทปฏิบัติการที่ 3.2

✖ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

เรื่องที่ 3 ปฏิริยาเคมี
ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 3.1
เรื่อง การทำปูนกินหมากจากหินปูน

สาระสำคัญ

ปฏิริยาเคมี เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารเพื่อให้เกิดสารใหม่

การเปลี่ยนแปลงของสาร แบ่งได้เป็น

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเปลี่ยนคุณสมบัติหนึ่งอย่าง หรือหลายอย่าง โดยที่องค์ประกอบของสารไม่ได้เปลี่ยนแปลง เช่น การหลอมเหลว การแข็งตัว หรือ การกลายเป็นไอ เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เพราะไม่ได้เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือรูปพรรณทางเคมีของสาร

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงซึ่งเปลี่ยนสารเดิมไปเป็นสารชนิดใหม่ มีองค์ประกอบต่างไปจากสารเดิมและมีคุณสมบัติใหม่ เช่น เมื่อเผากระดาษจะลุกไหม้แล้วจะเกิดก๊าซ 2 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ รวมทั้งขี้เถ้า ซึ่งสารที่เกิดขึ้นมีองค์ประกอบและคุณสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม ฯลฯ

ปฏิริยาเคมีจะแสดงด้วยสมการเคมีซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้แทนปฏิริยาเคมี หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารที่เข้าทำปฏิริยา โดยสมการเคมีที่สมดุลจะมีจำนวนอะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน ก่อนและหลังปฏิริยาเท่ากันซึ่งเป็นไปตามกฎทรงมวล เช่น



หินปูน เป็นรูปที่สำคัญที่สุดของแคลเซียมคาร์บอเนต สูตรทางเคมีของแคลเซียมคาร์บอเนต คือ CaCO_3 แคลเซียมคาร์บอเนตส่วนใหญ่เกิดจากเปลือกของสิ่งมีชีวิตในทะเลที่ตายไปเมื่อล้านปีก่อน หินปูนจะสลายตัวด้วยความร้อนในการเผา ปฏิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า การแยกสลายด้วยความร้อน (Thermal decomposition) ดังสมการ



ปูนขาว เป็นปูนสุก ที่ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำสำหรับฉาบ ทาฝ้าผนัง

ปูนสุก เป็นปูนดิบที่ถูกความชื้นในอากาศหรือผสมน้ำแล้วแตกละเอียดเป็นผง บางครั้งเรียก ปูนขาวเปลือกหอย เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตที่ประกอบด้วยสารพวกแคลเซียมคาร์บอเนต เช่น เปลือกหอยแครง เปลือกหอยนางรม ฯลฯ

บทปฏิบัติการที่ 3.1
เรื่อง การทำปูนกินหมากจากหินปูน

หลักการ

การสลายตัวโดยใช้ความร้อนในการเผาหินปูน(สารพวกแคลเซียมคาร์บอเนต) เรียกว่า การแยกสลายด้วยความร้อน ดังสมการ



ซึ่งการเผาทำให้เกิดสารใหม่ คือ แคลเซียมออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จัดเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เนื่องจากมีสารใหม่เกิดขึ้น แคลเซียมออกไซด์เมื่อผสมน้ำจะทำให้เนื้อละเอียดคล้ายแป้ง

จุดประสงค์ เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ศึกษาและทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีของแคลเซียมคาร์บอเนตได้
2. ทดสอบสารที่ได้จากการเผาแคลเซียมคาร์บอเนตได้
3. บอกการใช้ประโยชน์ของสารที่ได้จากการเผาแคลเซียมคาร์บอเนตได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 การทำปูนกินหมากจากหินปูน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. หินปูนบดละเอียด	1	ช้อนเบอร์ 2
2. หลอดทดลองขนาดใหญ่	1	หลอด
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ตะแกรงลวดพร้อมที่กั้นลม	1	ชุด
4. จุกยางพร้อมท่อนำก๊าซ	1	ชุด
5. หลอดทดลองขนาดเล็ก	1	หลอด
6. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์	50	cm ³
7. ถ้วยกระเบื้อง	1	อัน
8. หลอดหยดสาร	1	อัน
9. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	1	กล่อง
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

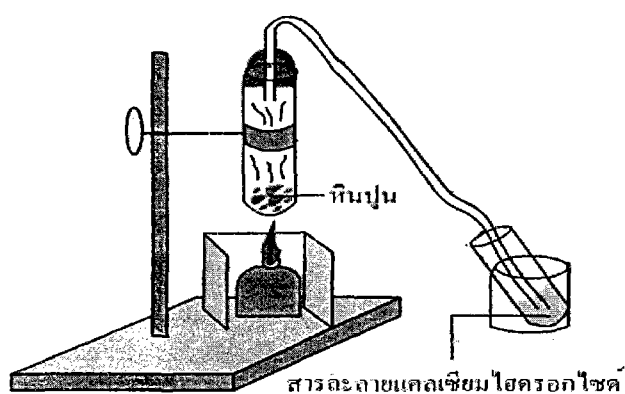
วิธีการทดลอง

แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบก๊าซที่เกิดจากการเผาหินปูน

1. นำหินปูนบดละเอียด 1 ช้อน เบอร์ 2 ใส่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่แล้วปิดจุกยาง ที่ต่อกับท่อ นำก๊าซ ให้ปลายด้านหนึ่งจุ่มในหลอดทดลองขนาดเล็กที่มีสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 3 cm^3

2. นำหลอดทดลองดังกล่าว เเผาด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ขณะเผาสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในหลอดทดลองขนาดเล็ก บันทึกผล

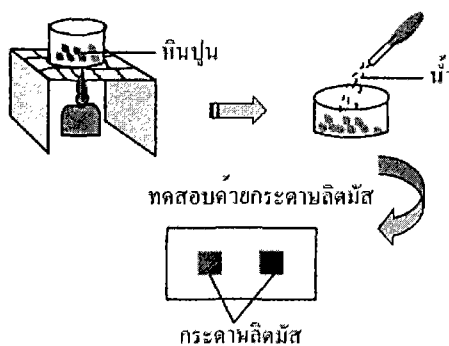


ภาพการทดสอบก๊าซที่เกิดจากการเผาหินปูน

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของหินปูนหลังการเผา

1. นำหินปูนบดละเอียด 1 ช้อนเบอร์ 2 ใส่ในถ้วยกระเบื้องเผาด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ จนหินปูนมีลักษณะเป็นสีเทา แล้วหยุดเผา

2. หยดน้ำลงไปจนท่วมหินปูนทั้งไว้สักครู่ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น แล้วทดสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ และถูด้วยมือ บันทึกผล



ภาพการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของหินปูนหลังการเผา

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 3.1 เรื่อง การทำปูนกินหมากจากหินปูน

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....ชั้น.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

.....

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดลองขั้นตอนที่ 1	ผลการทดลองขั้นตอนที่ 2	
	การเปลี่ยนแปลงของ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์	ทดสอบด้วยกระดาษ ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	ดูด้วยมือ
หินปูน			

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....



ยังมีให้ทดลองต่อนะครับ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ



นักเรียนทบทวนใบความรู้ในตอนที่ 1
อีกครั้งนะครับ...และถ้านำหลักการ
ดังกล่าวทดสอบสารที่มีองค์ประกอบของ
แคลเซียมคาร์บอเนตจากแหล่งอื่น
ผลที่ได้จะเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร ?
ลองหาคำตอบร่วมกับเพื่อนๆ นะครับ!...

วัสดุเหลือทิ้งพวกเปลือกหอยแครง
เปลือกหอยนางรมก็นำลองทำดูนะ
น่าจะแทนหินปูนจากภูเขาได้
ดีกว่ากินเนื้อหอยแล้วทิ้งเปลือกไว้เฉยๆ
ไม่ทำลายธรรมชาติด้วย และหาง่ายมี
ขายในตลาดนะเพื่อนๆ....



เป็นความคิดที่ดีนะ ผมเห็นด้วย...
เคยได้ฟังจากคนโบราณว่านำมาทำปูนกิน
หมากได้ด้วย อย่างนี้ต้องรีบทดลองดูแล้ว
ล่ะ หรือเพื่อนคนไหนคิดว่าน่าจะมีส่วนอื่น
มาทดลอง ก็ลองดูนะครับ!... แล้วแลกเปลี่ยนผลการทดลองกัน...



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะครับ

เรื่องที่ 3 ปฏิริยาเคมี
ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 3.2
เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

สาระสำคัญ

การกัดกร่อน คือ การสูญเสียเนื้อโลหะโดยการเกิดปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อมอาจเป็นปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาทางไฟฟ้า การกัดกร่อนเกิดได้กับวัตถุทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นโลหะหรือโลหะ แต่การกัดกร่อนที่เกิดกับโลหะมีความสำคัญต่องานอุตสาหกรรมมากทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ในการป้องกันและซ่อมแซมชิ้นส่วนต่างๆ การออกแบบโครงสร้างขนาดใหญ่

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการกัดกร่อน

สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการกัดกร่อน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน ความชื้น pH และ ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นต้น ตามธรรมชาติการกัดกร่อนของโลหะสามารถเกิดได้ตลอดเวลา ในบริเวณที่มีความชื้นจึงเกิดสนิมได้ง่ายกว่าในบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง เช่น บริเวณโรงงานซึ่งมีก๊าซต่างๆจะให้เกิดสภาวะที่เป็นกรดสูงจึงเกิดการกัดกร่อนได้เร็วกว่า นอกจากนี้ยังมีสารเคมีบางตัวที่เป็นตัวเร่งให้เกิดการกัดกร่อนได้มากขึ้น เช่น เกลือต่างๆซึ่งจะเห็นได้จากบริเวณชายทะเลมักจะประสบปัญหาการกัดกร่อนของสิ่งปลูกสร้าง รถยนต์ มากกว่าบริเวณอื่น

การเกิดสนิมของโลหะ

สนิม คือ รูปแบบหนึ่งของเหล็ก(II)ออกไซด์ ซึ่งมีน้ำสร้างพันธะอย่างหลวมๆอยู่ภายในมักเรียกว่าไฮดรอกไซด์เหล็ก(II)ออกไซด์ ก๊าซออกซิเจนในอากาศ กับน้ำทำให้เหล็กเกิดสนิม โลหะบางชนิดไม่เป็นสนิม เช่น ทองคำ ทองคำขาว พรอท ไม่ว่าจะตากแดด ถูกลม ถูกฝน เพราะออกซิเจนและไอน้ำในอากาศไม่สามารถเข้าไปผสมได้ สนิมของโลหะ เรียกว่า ออกไซด์ (oxide) เหล็กเป็นสนิมมีสีน้ำตาล เรียกว่า เหล็กออกไซด์ โลหะทองแดงถ้าเป็นสนิมมักเป็นสีดำๆ เรียกว่า สนิมทองแดง โลหะสังกะสี ถ้าเป็นสนิมมักมีสีขาว

การกัดกร่อนของโลหะ เกิดจากสาเหตุหลายประการแล้วแต่สภาพแวดล้อมและสมบัติของโลหะ ดังนี้

1. เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับออกซิเจนเพราะความชื้นหรือน้ำ เช่น การเกิดสนิมเหล็กในภาวะที่อากาศชื้น
2. เกิดจากโลหะสัมผัสกับสารละลายกรด เช่น นำเหล็กไปจุ่มในกรด
3. เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างโลหะกับออกซิเจน จะทำให้เกิดโลหะออกไซด์ขึ้นโดยตรง เช่น เหล็กกับออกซิเจน รวมตัวกันเกิดเป็นเหล็กออกไซด์หรือสนิม ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน ทำให้ออกซิเจนแทรกตัวเข้าไปสัมผัสกับเนื้อเหล็กได้ง่าย

การป้องกันการกร่อนและการบำรุงรักษา

เพื่อป้องกันผิวโลหะไม่ให้เกิดปฏิกิริยาใดๆ ที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนเราสามารถป้องกันได้ ดังนี้

1. อายน้ำมัน เช่น น้ำมัน ซีลิ่ง พาราฟิน หรือ วาสลิน จะเคลือบผิวหรือทาน้ำมันป้องกันสนิม
2. การทาสี ฟันสี ทำความสะอาดผิวของโลหะ ให้ปราศจากไขมันโดยจุ่มในกรดฟอสฟอริก ก่อนทาสี หรือ ฟันสี
3. การเคลือบผิว หรือฉาบด้วยโลหะหรือสารอนินทรีย์ เช่น ชุบด้วยโลหะนิกเกิล โครเมียม สังกะสี เป็นต้น
4. การทำให้เป็นโลหะผสม (Alloying) โดยการผสมโลหะที่เกิดการกัดกร่อนได้ยากลงไปในโลหะ ที่ใช้งานจริง โลหะที่ผสมลงไป เช่น นิกเกิล โครเมียม ซิลิเนียม เป็นต้น โลหะผสมที่รู้จักกันดี เช่น สแตนเลส ซึ่งเกิดจากการผสม นิกเกิล โครเมียม หรือวาเนเดียมลงไปในเหล็ก ทองเหลือง เกิดจากการผสม ระหว่างสังกะสีกับทองแดง นาก เกิดจาก การผสมระหว่างทองแดงกับทอง เป็นต้น
5. การป้องกันด้วยวิธีเคมี เช่น วิธีรมดำ และวิธีชุบฟอสเฟต เป็นต้น

ตัวอย่างการรมดำ

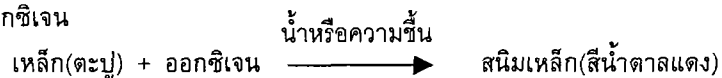
วิธีรมดำ เหมาะสำหรับชิ้นงานที่เป็นเหล็กซึ่งส่วนใหญ่มักเป็น อวูธ อุปกรณ์ทางทหาร อุปกรณ์เครื่องยนต์ รูปปั้น รูปหล่อต่างๆ เป็นต้น หากเป็นอวูธป็น จะต้องถอดชิ้นส่วนออกมาทั้งหมดก่อน แล้วแยกชิ้นส่วนไปรมดำ

บทปฏิบัติการที่ 3.2

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

หลักการ

การเกิดสนิมของเหล็ก เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนอย่างช้าๆ ระหว่างเหล็กกับออกซิเจน



คราบของสนิมมีสีน้ำตาลแดง ติดอยู่ตามตัวตะปู เป็นสนิมที่เกิดจากเหล็กผสมกับออกซิเจนในอากาศ หรือน้ำ และน้ำเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เหล็กเป็นสนิม ซึ่งถ้าในสภาพที่แห้งไม่มีไอน้ำในอากาศเจือปนย่อมจะไม่ทำให้เหล็กเป็นสนิมได้ ในชีวิตประจำวันที่สังเกตเห็นการเกิดสนิมได้ง่าย เช่น การลับมีดแล้วไม่เช็ดให้แห้งทิ้งไว้สักครู่จะสังเกตเห็นสนิมเหล็กสีน้ำตาลติดอยู่ หรือ การเกิดสนิมของ อุปกรณ์ชนิดอื่น เช่น ไขควง บานพับ กลอนประตู กะทะเหล็ก เป็นต้น

การป้องกันสนิม ทำได้โดย นำเหล็กอาบน้ำมันวาสลีน หรือชุบนิกเกิล ชุบโครเมียม หรือชุบสังกะสี เช่นหลังคาสังกะสี เป็นแผ่นเหล็กอาบสังกะสีเพื่อกันสนิม เป็นต้น

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและบอกปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมของเหล็กได้
2. อธิบายวิธีการป้องกันสนิมของเหล็กได้
3. ทดลองใช้สารป้องกันสนิมอย่างง่ายได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

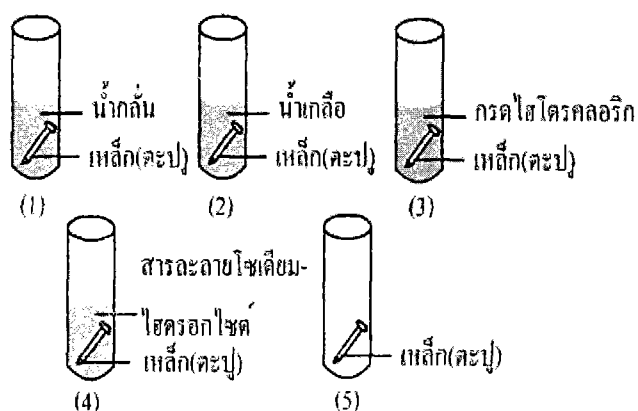
อุปกรณ์และสารเคมี

1. หลอดทดลองขนาดกลาง	5	หลอด
2. หลอดฉีดยา หรือกระบอกตวง	1	อัน
3. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
4. ตะปูเหล็กขนาด 1 นิ้ว	5	ตัว
5. น้ำกลั่น	1	ขวด
6. สารละลายโซเดียมคลอไรด์	50	cm ³
7. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	50	cm ³
8. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	50	cm ³
9. ปากคีบโลหะ	1	อัน
10. กระดาษทราย	1	แผ่น
11. ข้อนตักสารเบอร์ 2	1	อัน

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. นำหลอดทดลองขนาดกลางที่แห้งจำนวน 5 หลอดทำเครื่องหมายเป็นหลอดที่ 1, 2, 3, 4 และหลอดที่ 5 ตามลำดับ
2. นำตะปูเหล็กที่เตรียมไว้ขัดด้วยกระดาษทรายให้ผิวเรียบจำนวน 5 ตัวใส่ในหลอดทดลองที่เตรียมไว้หลอดละหนึ่งตัว
3. ในหลอดที่ 1 ใส่ น้ำกลั่น จำนวน 5 cm^3 หรือสังเกตให้ท่วมตะปูเหล็กในหลอดทดลอง
4. ในหลอดทดลองที่ 2, 3, 4, ใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 5 cm^3 ตามลำดับ ส่วนหลอดทดลองที่ 5 ไม่มีสารใดในหลอด
5. วางทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงของตะปูเหล็กในแต่ละหลอด บันทึกผล



ภาพการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 3.2 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่ ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่.....

2.....เลขที่.....หน้าที่.....

3.....เลขที่.....หน้าที่.....

4.....เลขที่.....หน้าที่.....

5.....เลขที่.....หน้าที่.....

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

.....

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

หลอดที่	สารที่ใส่ในหลอด	ผลการเปลี่ยนแปลงเมื่อทิ้งไว้ 1 วัน
1	เหล็ก(ตะปู) + น้ำกลั่น	
2	เหล็ก(ตะปู) + สารละลายโซเดียมคลอไรด์	
3	เหล็ก(ตะปู) + สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	
4	เหล็ก(ตะปู) + สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	
5	เหล็ก(ตะปู)	

สรุปผลการทดลอง

.....

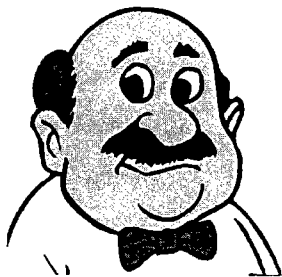
.....

.....



ยังมีให้ทดลองต่อนะครับ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ



การกัดกร่อนหรือการเกิดสนิมของอุปกรณ์ที่ทำจากเหล็กมักพบได้ทั่วไป เช่น มีด จอบ พลั่ว ฯลฯ จึงต้องศึกษาวิธีป้องกันการเกิดสนิมที่ส่งผลต่อการกัดกร่อนของเนื้อโลหะ ซึ่งเป็นวิธีที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ...

นักเรียนจะมีวิธีป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กด้วยวิธีง่ายๆ ได้อย่างไรบ้าง ?

ลองช่วยกันคิด...ทดลองทำดูนะครับ...!



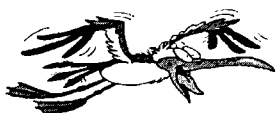
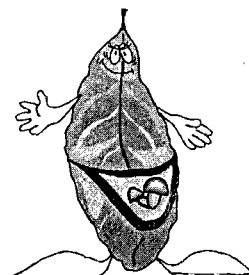
วิธีป้องกันสนิมของเหล็กอย่างง่ายๆ ก็ต้องหาสารมาเคลือบผิวของอุปกรณ์ที่ทำจากเหล็ก...

ถ้าจะใช้ พวกน้ำมันเครื่อง พาราฟิน หรือวาสลินจะได้ไหมคะ ? ...

เพื่อนๆ ช่วยกันคิดหน่อยนะคะ...

แยกกันทดลองกลุ่มละ 1 ชนิดแล้วเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละกลุ่มก็ดีเหมือนกันนะ!....

อุปกรณ์ที่ทำจากเหล็กมีหลายชนิดนะครับน้องๆ ตะปู หรือ ใบมีดคัตเตอร์ ก็ได้ใช้ตัดกระดาษทุกวันดูแลรักษาบ้างก็ดีนะครับจะได้ใช้งานได้นานๆ



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะครับ

คำถามท้ายบทปฏิบัติการเรื่องที่ 3 ปฏิกริยาเคมี

1. ผลการเปลี่ยนแปลงของหินปูนที่ได้จากการเผามีลักษณะเป็นอย่างไร ?

.....

.....

.....

2. ก๊าซที่ได้จากการเผาหินปูนเป็นก๊าซชนิดใด ทราบได้อย่างไร ?

.....

.....

.....

3. สารที่ได้จากการเผาหินปูน ก่อนและหลังหยดน้ำลงไปมีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร ?

.....

.....

.....

4. เมื่อทดสอบสารที่ได้จากการเผาหินปูน โดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ผลเป็นอย่างไร ?

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าการสลายหินปูนด้วยวิธีการดังกล่าวมีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร ?

.....

.....

.....

6. จากการทดลอง หลอดที่เกิดสนิมของตะปูเหล็กได้แก่หลอดใดบ้าง เพราะเหตุใด ?

.....

.....

.....

7. สนิมเหล็กที่เกิดขึ้นมีลักษณะอย่างไร เหมือนกันทุกหลอดหรือไม่อย่างไร ?

.....

.....

.....

8. เพราะเหตุใด จึงต้องขัดตะปูเหล็กด้วยกระดาษทรายก่อนการทดลอง ?

.....

.....

.....

9. ตะปูเหล็กในหลอดไฟไม่เกิดสนิมเหล็ก เพราะเหตุใด และมีโอกาสเกิดสนิมได้หรือไม่ ?

.....

.....

.....

10. นักเรียนจะมีวิธีป้องกันอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านที่ทำจากเหล็กไม่ให้เกิดสนิมได้อย่างไร
บอกมาอย่างน้อย 2 วิธี ?

.....

.....

.....

13131313131313131313131313131313

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 4

ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 2 บทดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 4.1

✖ เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

บทปฏิบัติการที่ 4.2

✖ เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

เรื่องที่ 4 ปฏิบัติการเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน

และผลต่อสิ่งแวดล้อม

ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 4.1

เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

สาระสำคัญ

ดิน(Soil) ดินเป็นของผสมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติประกอบด้วย 1) เศษแร่ชนิดและขนาดต่างๆ ที่ผุพังจากหินและแร่ต่างๆ ของวัตถุต้นกำเนิด 2) อินทรีย์วัตถุที่เน่าเปื่อยผุพัง(ฮิวมัส) มาจากพืชหรือสัตว์หรือจุลินทรีย์ในดิน 3) จุลินทรีย์ที่มีชีวิตและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ 4) น้ำ และ 5) อากาศ ส่วนผสมเหล่านี้ผสมกันโดยไม่มีส่วนผสมที่แน่นอนตายตัว ดินแตกต่างกันไปตามชนิดวัตถุต้นกำเนิดดิน พืชพรรณของบริเวณที่เกิดดิน ภูมิประเทศ ภูมิอากาศของบริเวณนั้นและระยะเวลาของการเกิดดิน ดินที่เกิดขึ้นอาจอยู่ที่จุดหรือบริเวณเดิมของวัตถุต้นกำเนิดดินหรืออาจถูกน้ำ ลม พัดพาไปทับถมห่างไปจากจุดของวัตถุต้นกำเนิดได้

สาเหตุการเกิดดินกรด (ดินเปรี้ยวหรือดินกรดกำมะถัน) ดังนี้

1) ดินมีอินทรีย์สารทับถมอยู่มากเมื่อเน่าเปื่อยลงจะมีกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้นเมื่อเกิดขึ้นในดินก็จะมีผลทำให้ดินเป็นกรดด้วย

2) เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่นการใส่ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนีย อย่างไม่ถูกต้องเป็นสาเหตุให้มีการสะสม แอมโมเนียในดิน ส่งผลให้ดินเป็นกรด หรือถ้าเป็นบริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรม หรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงซึ่งมีกำมะถันสูงเป็นเหตุให้เกิดฝนกรด ตกลงสู่พื้นดินและเพิ่มกรดในดินที่สะสมต่อเนื่องยาวนาน

การปรับปรุงดินกรด

การปรับปรุงดินกรด คือการปรับ pH ของดินให้สูงขึ้นจนมีสภาพใกล้เคียงเป็นกลาง (pH ประมาณ 6.5-7.0) ถ้าดินมีระดับความเป็นกรดไม่รุนแรงเกินไป คือ pH ระหว่าง 5.0 - 6.5 พอนำปูนปรับแก้ได้ ปูนมีหลายชนิด เช่น หินปูน ปูนขาว ฯลฯ ใส่ลงไปแล้วไถพรวน ให้คลุกเคล้ากับดินโดยต้องวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อน เพราะถ้าใส่ปูนขาวมากเกินไปดินจะเสีย ยากแก่การแก้ไข

สารประกอบที่จัดว่าเป็นปูนทางการเกษตรแบ่งออกได้ 3 ชนิด ดังนี้

1. พวกคาร์บอเนต ได้แก่ CaCO_3
2. พวกออกไซด์ ได้แก่ CaO , MgO เรียกว่า ปูนสุก เตรียมได้จากการเผาปูนพวกคาร์บอเนต
3. พวกไฮดรอกไซด์ ได้แก่ Ca(OH)_2 เรียกว่า ปูนขาว เตรียมจาก การนำปูนสุกผสมกับน้ำ

สารประกอบคาร์บอเนต มีดังนี้

1) หินปูน(Limestone) มีองค์ประกอบในแร่แคลไซต์(CaCO_3)พบตามภูเขาหินปูนมีอยู่ทั่วประเทศ เช่น จังหวัด ลพบุรี สระบุรี กาญจนบุรี กระบี่ ฯลฯ ลักษณะเป็นภูเขาสูงชัน มีถ้ำ ส่วนใหญ่นำมาบดเป็นวัสดุก่อสร้าง ทำถนน ฯลฯ

2) ดินมาร์ล(Marl) องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น CaCO_3 และดินเหนียวที่พบในประเทศไทยมักมีสีขาวปนน้ำตาล ลักษณะร่วนซุย อยู่ในชั้นใต้ดิน บริเวณที่พบ ได้แก่ จังหวัด นครสวรรค์ ลพบุรี สระบุรี ฯลฯ

3) วัสดุอื่นๆที่มีสารประกอบพวกคาร์บอเนต ของแคลเซียมและแมกนีเซียม มีหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุแก้ไขดินกรดได้ เช่น เปลือกหอย ฝุ่นจากโรงงานผลิตซีเมนต์ ฯลฯ

เปลือกไข่ไก่ เปลือกไข่เป็นหินปูนแข็งเรียบติดแน่นอยู่กับเยื่อหุ้มไข่ชั้นนอก ซึ่งเยื่อเปลือกไข่และเยื่อหุ้มไข่ชั้นนอกนี้จะแยกออกจากกันได้ยาก เปลือกไข่โดยธรรมชาติมีหน้าที่ในการรับน้ำหนักของแม่ไก่ขณะทำการกกฟักไข่ เปลือกไข่มีลักษณะโค้งลดหลั่นกันเป็นริ้วมีจากศูนย์กลางไข่ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกมีประมาณ 1/5 ของโครงสร้างเปลือกทั้งหมด ส่วนนี้เป็นอินทรีย์สารที่ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเซลล์ ส่วนที่สอง เป็นส่วนประกอบของอนินทรีย์สารต่างๆ มีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่จำนวนมาก ประมาณ 94 % และแคลเซียมฟอสเฟต 1 % อีก 1 % เป็นแมกนีเซียมคาร์บอเนต และการใช้ประโยชน์จากเปลือกไข่ พบว่า มักนำมาใช้ในรูปอาหารสัตว์ หรือปุ๋ย โดยการทำให้แห้งแล้วบดเป็นชิ้นเล็กๆ

บทปฏิบัติการที่ 4.1

เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

หลักการ

ดินที่มีสภาพเป็นกรด (ค่า pH น้อยกว่า 7.0) จัดเป็นดินที่มีปัญหาทางการเกษตรและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดในการแก้ไขและปรับปรุงดิน เหล่านี้จำเป็นต้องใช้สารที่เป็นเบส หรือทำให้เกิดเบสเมื่อใส่ลงไปในดิน เพื่อที่จะทำลายกรดในดินนั้น สารพวกนี้ เราเรียกว่า "ปูน" ซึ่งจัดเป็นวัตถุปรับปรุงดินอย่างหนึ่ง

ปูนทางการเกษตร ที่ใช้ในการแก้ไขดินกรดนั้น หมายถึง สารประกอบออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ และคาร์บอเนต ของแคลเซียมและแมกนีเซียมเท่านั้น สารประกอบอื่นๆที่เป็นเบส เช่น KOH, NaOH ซึ่งไม่จัดว่าเป็นปูน เพราะหายาก ราคาแพง และอาจจะก่อให้เกิดผลเสียด้านอื่นเมื่อใส่ลงไปในดิน

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการปรับสภาพดินกรดโดยใช้เปลือกไข่ได้
2. ทดสอบความเป็นกรดของดินโดยใช้วิธีที่เหมาะสมได้
3. ทดสอบ pH ของเปลือกไข่และนำไปใช้ประโยชน์ได้
4. นำหลักการที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 เปลือกไข่ไก่ปรับสภาพดินกรด

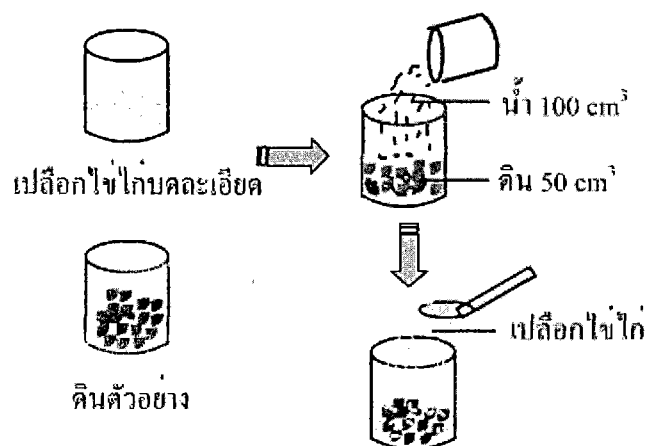
อุปกรณ์และสารเคมี

1. เปลือกไข่ไก่	100	cm ³
2. ดินตัวอย่าง (มีสภาพความเป็นกรด)	100	cm ³
3. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	3	ใบ
4. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
5. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	1	ชุด
6. น้ำกลั่น	1	ขวด
7. ช้อนตักสารเบอร์ 2	1	อัน
8. โกร่งบดสาร	1	ชุด
9. หลอดฉีดยา หรือ กระบอกตวง	1	อัน
10. เครื่อง pH มิเตอร์	1	ชุด

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. นำเปลือกไข่ไก่มาตากแดดให้แห้ง บดให้ละเอียดจนมีลักษณะเป็นผง
2. นำดินตัวอย่างที่มีสภาพเป็นกรด(ครูเตรียมล่วงหน้า) ใส่บีกเกอร์ประมาณ 50 cm³ เติมน้ำกลั่น 200 cm³ ใช้แท่งแก้วคนสาร คนให้ดินเข้ากับน้ำ แล้วทดสอบค่า pH ของดินโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซล-อินดิเคเตอร์ บันทึกผล
3. นำบีกเกอร์ที่ 1 ใส่เปลือกไข่ไก่บดละเอียด 1 ช้อนเบอร์ 2 แล้วคนให้เข้ากันทิ้งไว้สักครู่ ทดสอบค่า pH บันทึกผล
4. ทำซ้ำตามวิธีการทดลองในข้อที่ 3 โดยเพิ่มปริมาณเปลือกไข่ไก่เป็น 2, 3, 4 และ 5 ช้อนเบอร์ 2 ตามลำดับ บันทึกผล



ภาพการทดลองเปลือกไข่ไก่ปรับสภาพดินกรด

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 4.1 เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

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

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

ปริมาณเปลือกไข่ไก่ (ช้อนเบอร์ 2)	pH ของดิน
1	
2	
3	
4	
5	

สรุปผลการทดลอง

.....



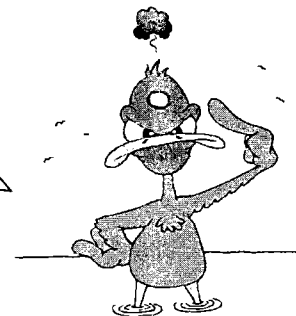
ยังมีให้ทดลองต่อนะครับ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ



นักเรียนได้ทดสอบสมบัติของเปลือกไข่ไก่ที่สามารถช่วย
ปรับสภาพความเป็นกรดในดินได้ใช่ไหมคะ... ถือเป็นการใช้
วัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์มากที่สุด
นักเรียนคิดว่าถ้าใช้วัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นที่มีสมบัติเช่นเดียวกับ
เปลือกไข่ไก่จะได้ผลเหมือนหรือต่างกันอย่างไร ?
และถ้าใช้ปรับสภาพของน้ำที่มีสภาพความเป็นกรด หรือน้ำทิ้ง
จากบ้านเรือน และจากการซักล้าง ต่างๆ ได้หรือไม่ ?
ช่วยกันหาคำตอบด้วยนะคะ...

นั่นแน่!...เปลือกไข่ไก่เพื่อนผมมีประโยชน์ใช้ใหม่
ล่ะครับ...เปิดอย่างผมก็มีประโยชน์เหมือนกัน
รวมทั้งเพื่อนๆ อีกมากมาย ... น้องๆ ลองทำดู
นะครับ เป็นการช่วยลดขยะได้ด้วย ทำเองใช้เอง
ประหยัดเงินได้ด้วย....



น้องๆ ...ทดลองทำแล้วอย่าลืมเขียน
แบบรายงานผลการทดลองและนำ
เสนอผลการทดลองด้วยนะครับ...



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะครับ

**เรื่องที่ 4 ปฏิบัติการเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน
และผลต่อสิ่งแวดล้อม
ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 4.2
เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร**

สาระสำคัญ

สารมีสี นิยมใส่ในอาหารโดยเฉพาะประเภทของหวาน เพื่อให้มีสีสันสวยงามน่ารับประทาน สีเหล่านี้มีทั้งประเภทที่ละลายในน้ำและละลายในน้ำมัน ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร อาหารบางประเภท เช่น นม และผลิตภัณฑ์นม จะถูกกำหนดห้ามเติมสารมีสีและสีที่ใช้เติมในอาหารประเภทอื่นมักจะมีการกำหนดชนิดของสีที่ใช้เพื่อป้องกันอันตรายและพิษจากสารมีสีที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้บริโภคได้ นอกจากความสวยงามแล้วผู้ผลิตบางรายยังใส่สีลงไปในอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะปกปิดซ่อนเร้นความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตบางรายไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค จึงใช้สีย้อมผ้า ย้อมกระดาษแทนสีธรรมชาติ หรือ สีสังเคราะห์ เนื่องจากเข้าใจว่าสีย้อมผ้าให้สีที่ติดทนนานกว่าและราคาถูกกว่า จึงก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

สีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522) ซึ่งได้แบ่งสีผสมอาหารที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ผสมอาหารได้ 3 ประเภท คือ

1. สีอินทรีย์ ที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ สีผสมอาหาร
2. สีอินทรีย์ เป็นสีที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิตในธรรมชาติ เช่น ผงถ่านที่ได้จากการเผาถ่านมะพร้าว

เกลือ ทองแดง ฯลฯ

3. สีธรรมชาติได้จากการสกัดพืช สัตว์ เช่น สีเขียว จากใบเตย, สีแดง จากครั่ง(เป็นชื่อเพี้ยหอยชนิด *Laccifer Lacca* ในวงศ์ *Lacciferidae* ตัวเมื่อไม่มีปีก เป็นตัวอ่อนระยะแรกจะมีขาและหนวด เคลื่อนไหวได้เมื่อลอกคราบเวลาต่อมาจะไม่มีขาหยุดอยู่กับที่ดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืชและผลิตสารซึ่งเรียกว่า ชีครั่ง นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆหลายอย่าง) กระเจี๊ยบ มะเขือเทศ พริกแดง, สีเหลือง จากขมิ้น ขมิ้นแดง พักทอง, สีนํ้าเงิน จากดอกอัญชัน ฯลฯ

สีผสมอาหาร เป็นสีสังเคราะห์ เมื่อผสมอาหารและรับประทานเข้าไปในร่างกายอาจทำให้เกิดอันตราย ได้จาก 2 สาเหตุ

1. อันตรายจากสีสังเคราะห์ ถึงแม้จะเป็นสีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ หากบริโภค ในปริมาณที่มากหรือบ่อยครั้ง จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค คือ สีจะไปเคลือบเยื่อบุกระเพาะอาหารและลำไส้ ทำให้ย่อยอาหารออกมาไม่สะดวก อาหารย่อยยาก เกิดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ และขัดขวาง การดูดซึมอาหาร ทำให้ท้องเดิน น้ำหนักลด อ่อนเพลีย อาจมีอาการของตับและไต อักเสบ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง

2. อันตรายจากสารอื่นที่ปะปนมา เนื่องจากแยกสารออกไม่หมด ยังคงมีตกค้างในปริมาณที่มากเกินไปได้แก่ โลหะหนักต่างๆ เช่น แคดเมียม ตะกั่ว สารหนูปรอท โครเมียม เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสีทาบ้าน และสีย้อมผ้า แม้ได้รับในปริมาณเล็กน้อยก็สามารถสะสมอยู่ในร่างกาย และทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ เช่น พิษจากสารหนู เมื่อเข้าไปในร่างกายจะสะสมอยู่ตามกล้ามเนื้อ กระดูก ผิวหนัง ตับและไต จะเกิดอาการอ่อนเพลีย กล้ามเนื้ออ่อนแรง เกิดความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น และอาจพบอาการทางระบบประสาทได้ โดยทั่วไปจะจำกัดปริมาณที่ให้มีโดยปลอดภัยไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักร่างกาย

1 กิโลกรัม ต่อ 1 วัน

สีสันจากธรรมชาติจัดเป็นเคล็ดลับสำคัญของโภชนาการที่ดี การสังเกตคุณค่าอาหารจากสีสันจึงมีส่วนอย่างมากที่จะบอกว่าอาหารใดอุดมไปด้วยคุณค่า โดยแพทย์ชาวอเมริกันเชื่อว่าอาหารที่ขาดสีสันมีส่วนก่อให้เกิดโรคต่างๆมากมาย รวมทั้งโรคหัวใจ มะเร็ง โรคอ้วน และเบาหวาน สำหรับสีสันจากธรรมชาตินี้เป็นสารเคมีที่สร้างโดยพืชและมีประโยชน์ในการต้านโรคได้หลายชนิด คุณค่าของอาหารโดยแบ่งตามหมวดหมู่ของสีดังนี้ (ประไพศรี ศิริจักรวาล. 2545 : 32-35)

สีม่วง / แดง อาหารที่มีสีดังกล่าวจะมีส่วนประกอบของสารแอนโทไซยานิน และสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีส่วนช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ และเส้นเลือดอุดตันในสมองด้วยการยับยั้งโลหิตจับตัวเป็นก้อน ตัวอย่างอาหารจากธรรมชาติ ได้แก่ กะหล่ำม่วง พริกแดง มะเขือม่วง องุ่นม่วงหรือองุ่นแดง แอปเปิ้ลแดง ลูกพลับ ลูกพรุน เชอร์รี่ ฯลฯ

สีแดง อาหารที่มีสีดังกล่าวจะมีปริมาณของไลโคพีน เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ตัวอย่างอาหารจากธรรมชาติ ได้แก่ มะเขือเทศ ฝรั่งเนื้อแดง แดงโม ฯลฯ

สีส้ม อาหารที่มีสีส้มจะมีเบต้าแคโรทีนซึ่งช่วยบำรุงสายตาและผิวพรรณ รวมทั้งอาจช่วยลดอัตราการเกิดโรคมะเร็งบางชนิด ตัวอย่างอาหารจากธรรมชาติ ได้แก่ แคนตาลูป แครอท พักทอง มะม่วงสุก มันเทศ ฯลฯ

สีส้ม / เหลือง อาหารกลุ่มนี้เป็นตระกูลเดียวกับอาหารกลุ่มสีส้มอุดมไปด้วยสารเบตาแคโรทีน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ป้องกันเซลล์จากการถูกทำลาย ตัวอย่างอาหารจากธรรมชาติ ได้แก่ ส้มเขียวหวาน มะละกอ สับปะรด ส้มแซงค์ ฯลฯ

สีเหลือง / เขียว ช่วยบำรุงสายตา เนื่องจากมีลูทีนและซีแซนทีน ซึ่งอาจช่วยป้องกันการเกิดต้อกระจก และการทำลายของจอตา ตัวอย่างอาหารจากธรรมชาติ ได้แก่ ข้าวโพด แดงกวาทับทิม ถั่วลิสงเตา ผักกาดหอม ผลกีวี อะโวคาโด พริกเขียวและพริกเหลือง ฯลฯ

สีเขียว อาหารที่มีสีเขียวจะมีสารตามธรรมชาติที่เรียกว่า ไอโซไทโอไซยาเนต เช่น ซัลโฟราเฟน และอินโดล ซึ่งสามารถกระตุ้นการสร้างเอนไซม์จากตับที่ใช้ในการต่อต้านมะเร็ง ตัวอย่างอาหารจากธรรมชาติ ได้แก่ บรอกโคลี แขนงกะหล่ำ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ผักกวางตุ้ง กระถิน ฯลฯ

สีขาว / เขียว อาหารที่มีสีขาว เช่น กระเทียม หัวหอม มีสารอัลลิซิน ซึ่งเป็นสารต้านการเกิดเนื้องอก และเห็ด ก็สามารถสร้างสารเคมีต้านโรคได้ นอกจากนั้นพืชผักในกลุ่มนี้ยังเป็นแหล่งของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ ตัวอย่างอาหารจากธรรมชาติ ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง คื่นฉ่าย กุยช่าย ต้นกระเทียม ฯลฯ

บทปฏิบัติการที่ 4.2

เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

หลักการ

การตรวจสอบสารมีสีที่ใช้ในการทดลองจะเลือกใช้สีที่ละลายในน้ำเท่านั้น เพราะนิยมใช้เป็นส่วนใหญ่ และสกัดได้ง่ายกว่าสีที่ละลายในน้ำมัน วิธีที่ใช้ในการตรวจสอบมีหลายวิธี โดยจะเลือกวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ซึ่งมีระบบของสารทำละลาย(solvent system) ในการแยกหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของสีที่ต้องการตรวจสอบ

การสกัดสีออกมา ใช้หลักการที่ว่าสีที่ได้รับอนุญาตให้ใช้สามารถย่อยสลายสังเคราะห์(wool ซึ่งเป็นโปรตีนประเภทเคลาติน (keratin)) ให้ติดสีได้ในสภาวะที่เป็นกรด และสีที่ย้อมติดโดยสังเคราะห์นั้นจะสามารถสกัดออกมาได้ในสภาวะที่เป็นด่าง ซึ่งนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (กฤษณา รุ่งเรืองศักดิ์. 2521 : 306-308)

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายวิธีการตรวจสอบสารมีสีในอาหารได้
2. บอกองค์ประกอบของสารมีสีที่มีในอาหารที่ตรวจสอบได้
3. ทดลองเปรียบเทียบองค์ประกอบของสารมีสีในอาหารกับสารมีสีจากธรรมชาติได้
4. บอกประโยชน์และโทษของสารมีสีที่ปนในอาหารได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

ตอนที่ 1 การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

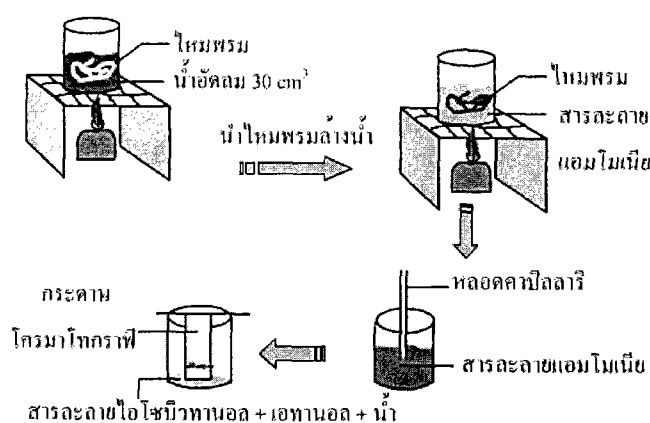
อุปกรณ์และสารเคมี

1. น้ำหวานหรือน้ำอัดลมสีต่างๆที่ต้องการตรวจสอบ	1	ชนิด
2. ไหมพรมสีขาวยาว 15 cm	3	เส้น
3. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	1	ขวด
4. สารละลายกรดน้ำส้ม	1	ขวด
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ที่ก้นลม, ตะแกรงลวด	1	ชุด
6. กระดาษโครมาโทกราฟี เบอร์ 1 ขนาด 4 × 13 cm	1	แผ่น
7. หลอดฉีดยา หรือกระบอกตวง	1	อัน
8. สารละลาย ไอโซบิวทานอล : เอทานอล : น้ำ = 10 : 20 : 10 โดยปริมาตร		
9. น้ำกลั่น	1	ขวด
10. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	2	ใบ
11. ขวดแก้วขนาด สำหรับใช้ในโครมาโทกราฟี พร้อมฝาปิด	1	ชุด
12. หลอดคาปิลลารี (capillary) ขนาด 0.1 มิลลิเมตร	3	อัน
13. สีส้มอาหาร(สีแดง, เขียว, เหลือง)	1	สี
14. เศษแก้วหรือเศษกระเบื้องขนาดเล็ก	10	ชิ้น

หมายเหตุ จำนวนอุปกรณ์ดังกล่าวใช้สำหรับการทดลองเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น

วิธีการทดลอง

1. นำไหมพรมสีขาวยาวประมาณ 15 cm ต้มในแอมโมเนียที่เจือจาง 40 cm^3 ให้เดือดประมาณ 10 นาที แล้วล้างไหมพรมด้วยน้ำให้สะอาด นำไปต้มในน้ำต่ออีก 10 นาที
2. นำน้ำหวานหรือน้ำอัดลมประมาณ 30 cm^3 เติมกรดน้ำส้ม 2 cm^3 แล้วนำไปต้มกับไหมพรมที่เตรียมไว้ สังเกตไหมพรมจะติดสี ต้มให้เดือดต่อไปประมาณ 10 นาที แล้วนำไหมพรมที่ติดสีล้างด้วยน้ำ
3. ต้มไหมพรมที่ติดสีนี้ในน้ำยาแอมโมเนียเจือจางประมาณ 10 cm^3 สังเกตจนกระทั่งสีถูกชะออกจากไหมพรมหมด แยกไหมพรมออก
4. นำสารละลายแอมโมเนียที่ละลายสีมาทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยแอมโมเนียออกโดยการต้มให้เดือดอย่างช้าๆ
5. เตรียมกระดาษโครมาโทกราฟี ใช้ดินสอขีดเส้นตรงห่างจากขอบล่างของกระดาษ 2 cm
6. หยดสีที่สกัดได้ในข้อที่ 4 โดยใช้หลอดคาปิลลารี หยดที่ละน้อยลงบนเส้นดินสอที่ลากไว้ อย่าให้รัศมีของสารที่หยดกว้างเกิน 1 cm รอให้สารที่หยดแห้งแล้วหยดซ้ำที่เดิม
7. ใช้สีผสมอาหารที่มีสีเดียวกับน้ำหวานที่ตรวจสอบทดลองเปรียบเทียบกับ โดยหยดลงบนกระดาษโครมาโทกราฟีแผ่นเดียวกันซึ่งกำหนดจุดที่หยดและทำเครื่องหมายให้ชัดเจน
8. เมื่อสารที่หยดแห้งแล้วนำกระดาษ วางในขวดแก้วที่บรรจุตัวทำละลายผสม (สารละลายไอโซบิวทานอล : เอทานอล : น้ำกลั่น = 10:20:10 โดยปริมาตร) ที่เตรียมไว้ ให้มีระดับสูงไม่เกิน 1 cm แล้วปิดฝา รอจนกระทั่งตัวทำละลายในบีกเกอร์ซึมผ่านจนห่างจากริมด้านบนประมาณ 2 cm
9. นำกระดาษออกจากขวดแก้วรอให้แห้งแล้วสังเกตผลการทดลองที่ได้ เปรียบเทียบระหว่างสีผสมอาหารกับสีจากน้ำหวานว่าเป็นสารสีเดียวหรือสีผสม บันทึกผล



ภาพการทดลองการตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 4.2 เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

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

ปัญหา.....

จุดประสงค์การทดลอง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1

สารที่ทดสอบ	ผลการแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟี
1. น้ำหวานหรือน้ำอัดลม	
2. สีผสมอาหาร	

สรุปผลการทดลอง

.....



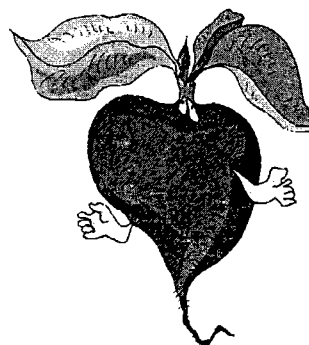
ยังมีให้ทดลองต่อนะครับ...

ตอนที่ 2 ลองคิด...ลองทำ

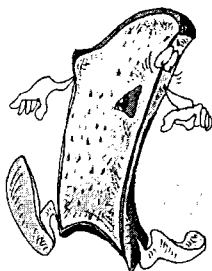


นักเรียนทบทวนใบความรู้และวิธีการ
ทดลองในตอนที่ 1 อีกครั้งนะคะ...ถ้านำ
หลักการดังกล่าวทดสอบอาหารที่ใช้สีจาก
ธรรมชาติเปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้สี
สังเคราะห์ที่เป็นสีเดียวกันผลที่ได้จะเป็น
อย่างไร ? และนักเรียนควรเลือกใช้สี
ประเภทใด เพราะเหตุใด ?

น้อง ๆ... อาจจะเลือกอาหารที่
สามารถหาได้ง่าย หรือทดสอบ
อาหารที่เด็กๆชอบรับประทานก็ได้
นะคะ
อาหารประเภทวัน เยลลี่ หรือ ซอส
ต่างๆก็น่าสนใจเหมือนกันนะ
ต้องทดลองดูแล้วละ !...



สีผสมอาหารที่มีองค์
ประกอบหลายสีมีอันตราย
มากกว่าที่มีองค์ประกอบ
เพียงสีเดียวนะคะ !...



อย่าลืมตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยนะคะ

**คำถามท้ายบทปฏิบัติการ เรื่องที่ 4 ปฏิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน
และผลต่อสิ่งแวดล้อม**

1. การเกิดสภาพดินกรดประกอบด้วยปัจจัยใดบ้าง อธิบาย ?

.....

.....

.....

2. ถ้าเติมเปลือกไข่ไก่บดละเอียดลงในดินมากเกินไปจะก่อให้เกิดผลอย่างไร ?

.....

.....

.....

3. เปลือกไข่ไก่มีคุณสมบัติปรับสภาพกรดในดินได้ เพราะเหตุใด อธิบาย ?

.....

.....

.....

4. นอกจากนำเปลือกไข่ไก่มาใช้ในการปรับสภาพดินกรดแล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรได้อีกบ้าง ?

.....

.....

.....

5. ยกตัวอย่างวัสดุธรรมชาติที่เป็นของเหลือทิ้ง ที่มีคุณสมบัติในการปรับสภาพดินกรดได้
มาอย่างน้อย 3 ชนิด ?

.....

.....

.....

6. จากการทดลองตรวจสอบสารมีสีที่เติมลงในน้ำหวาน เป็นสีชนิดเดียว หรือเป็นสีผสม ทราบได้อย่างไร ?

.....

.....

.....

7. การที่ร่างกายได้รับสารมีสีที่ปนในอาหารที่เป็นสีชนิดเดียวกับชนิดที่เป็นสีผสม นักเรียนคิดว่าอันตรายที่
เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมในร่างกายมีผลรุนแรงเท่ากันหรือไม่อย่างไร อธิบาย ?

.....

.....

.....

8. การรับประทานอาหารที่ใส่สารมีสีจากธรรมชาติ กับอาหารที่ไม่ได้ใส่สารมีสีใดๆเลย นักเรียนคิดว่า ประโยชน์และคุณค่าของอาหารที่ได้ต่างกันหรือไม่อย่างไร อธิบายพร้อมยกตัวอย่างชนิดของอาหารและสีที่ใส่ ในอาหารดังกล่าวประกอบ 1 ชนิด ?

.....

.....

.....

9. การใช้สีสังเคราะห์ที่เป็นสีผสมอาหารซึ่งมีแพร่หลายในปัจจุบัน นักเรียนคิดว่าการใช้สีดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร ด้านใด อธิบาย ?

.....

.....

.....

10. ถ้าต้องการตรวจสอบสารมีสีที่เป็นสีจากธรรมชาติ กับสารมีสีที่ได้จากการสังเคราะห์ที่เป็นสีเดียวกัน เช่น สีเขียวจากใบเตย กับ สีเขียวสังเคราะห์ว่ามีองค์ประกอบที่เป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ ควรออกแบบการ ตรวจสอบอย่างง่ายได้อย่างไร อธิบาย ?

.....

.....

.....

131313131313131313131313131313

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร

คำแนะนำ

การใช้คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. คู่มือครูฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน ในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนการสอน
2. ควรใช้คู่กับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจในรายละเอียดของบทปฏิบัติการแต่ละบทและเป็นแนวทางในการเตรียมตัวล่วงหน้าในการทดลอง
3. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้
 - ชื่อเรื่อง
 - จุดประสงค์การเรียนรู้
 - จุดประสงค์การทดลอง
 - เวลาที่ใช้
 - อุปกรณ์และสารเคมี
 - การเตรียมล่วงหน้า
 - อภิปรายก่อนการทดลอง
 - แนวการตั้งปัญหา
 - แนวการตั้งสมมติฐาน
 - ตัวอย่างผลการทดลอง
 - อภิปรายหลังการทดลอง
 - แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - คำแนะนำเพิ่มเติม
4. ครูผู้สอนควรสำรวจวัสดุอุปกรณ์ที่หาง่ายในท้องถิ่นเพื่อใช้ทดแทนวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดในบทปฏิบัติการได้ เพื่อให้เหมาะสมตามสภาพของสถานศึกษาและเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งและอยู่ใกล้ตัวมากที่สุด

**คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 1 ธาตุและสารประกอบ**

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 บท ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1.1 เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

บทปฏิบัติการที่ 1.2 เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับธาตุและสารประกอบพร้อมบอกประโยชน์ได้
2. ทดลองและอธิบายหลักการแยกสลายสารด้วยไฟฟ้าพร้อมทั้งบอกสมบัติของสารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้
3. ยกตัวอย่างและบอกชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารในชีวิตประจำวันได้

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1.1
เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดสอบก๊าซพร้อมทั้งบอกสมบัติของก๊าซที่เกิดขึ้นได้
2. บอกชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของน้ำได้
3. บอกสมบัติของสารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (110 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. ขวดปากกว้างหรือถ้วยพลาสติก	1	ชุด
2. ชุดแบตเตอรี่ หรือหม้อแปลงไฟฟ้า	1	ชุด
3. สายไฟปากจะเข้(สีแดง, สีดำ)	2	เส้น
4. แท่งคาร์บอน พร้อมสายไฟ	2	ชุด
5. บีกเกอร์ขนาด 300 cm ³	3	ใบ
6. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
7. หลอดทดลองขนาดเล็ก	2	หลอด
8. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	1	ชุด
9. รูปและไม้ขีดไฟ	1	ชุด
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)	1	ขวด

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า แท่งคาร์บอนและสายไฟ ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ดี

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. แนะนำให้นักเรียนต่อสายไฟจากชุดทดลองให้ตรงกับขั้วของหม้อแปลงไฟฟ้า
2. เตือนนักเรียนให้ล้างมือทันทีทุกครั้งหลังใช้หัวแม่มือปิดปากหลอดที่ใส่สารละลายในการทดลอง
3. หลังจากทดสอบก๊าซด้วยรูปที่ติดเปลวไฟแล้วควรดับรูปในกระป๋องทรายหรือนิเบเกอร์ที่มีน้ำให้

เรียบร้อยก่อนเก็บหรือทิ้ง

แนวการตั้งปัญหา

1. น้ำเป็นธาตุหรือสารประกอบ
2. กระแสไฟฟ้าสามารถแยกน้ำได้หรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. ถ้าสามารถแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าได้น้ำน่าจะเป็นสารประกอบ
2. กระแสไฟฟ้าน่าจะแยกน้ำได้

ตัวอย่างผลการทดลอง

ชนิด ขั้วไฟฟ้า	แหล่ง พลังงาน ไฟฟ้า	ชนิด ของสาร	ผลการทดลอง					
			pH ของสารละลาย		ผลการทดสอบก๊าซด้วย			
			ก่อน ทดลอง	หลัง ทดลอง	รูปที่ติดเปลวไฟ		รูปที่ติดถ่านแดง	
					ขั้วบวก	ขั้วลบ	ขั้วบวก	ขั้วลบ
แท่ง คาร์บอน	หม้อ แปลง ไฟฟ้า	น้ำกลั่น เติมสาร โซเดียม- ไฮดรอก ไซด์	12	12	เปลวไฟ สว่างมาก ขึ้น	มีเสียง ระเบิด และเปลว ไฟดับ	ถ่านแดง ติดเป็น เปลวไฟ	มีเสียง ระเบิด และถ่าน แดงดับ

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าโดยเติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อช่วยให้น้ำนำไฟฟ้าได้ดีและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าทำให้กระแสไฟฟ้ามีปริมาณสม่ำเสมอช่วยให้การทดลองเป็นไป得更เร็วขึ้น
2. การใช้แท่งคาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าในการให้กระแสไฟฟ้าผ่านจะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารที่ใช้ทดลอง
3. ผลการทดสอบก๊าซจากขั้วบวกทำให้รูปที่ติดเป็นเปลวไฟสว่างมากขึ้นและรูปที่ติดเป็นถ่านแดงลุกติดเป็นเปลวไฟแสดงว่าที่ขั้วบวกเกิดก๊าซออกซิเจนมีสมบัติช่วยให้ไฟติด
4. ผลการทดสอบก๊าซที่ขั้วลบทำให้รูปที่ติดเป็นเปลวไฟและรูปที่ติดเป็นถ่านแดงดับและมีเสียงระเบิดแสดงว่าที่ขั้วลบเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่มีสมบัติที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงเมื่อมีความร้อนเนื่องจากมีเสียงระเบิดและไม่ช่วยให้ไฟติด
5. ค่า pH ของสารละลายหลังการทดลองไม่เปลี่ยนแปลง

คำแนะนำเพิ่มเติม

หลังทำการทดลองในตอนแรก 1 แล้วครูควรกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้และหลักการที่ได้ไปทำการทดลองในตอนต่อไป 2 ดังนี้

หมายเหตุ สารละลาย A, B และ C เป็นสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด, เบส หรือสารละลายอิเล็กโทรไลต์ซึ่งครูผู้สอนควรเตรียมล่วงหน้าและควรเป็นสารที่มีอันตรายน้อยที่สุด

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1.2
เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกองค์ประกอบของสารละลายน้ำเกลือที่แยกด้วยกระแสไฟฟ้าได้
2. อธิบายหลักการและผลการทดลองการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้าได้
3. บอกประโยชน์ของสารที่ได้จากการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้
4. ยกตัวอย่างและบอกชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบชนิดอื่นๆที่พบในชีวิตประจำวันได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (110 นาที)

อภิปรายก่อนก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. ขวดปากกว้างหรือถ้วยพลาสติก	1	ชุด
2. ชุดแบตเตอรี่ หรือหม้อแปลงไฟฟ้า	1	ชุด
3. สายไฟปากจะเข้(สีแดง, สีดำ)	2	เส้น
4. แท่งคาร์บอน พร้อมสายไฟ	2	ชุด
5. บีกเกอร์ขนาด 300 cm ³	3	ใบ
6. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
7. หลอดทดลองขนาดเล็ก	2	หลอด
8. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์, กระดาษลิตมัส	1	ชุด
9. รูปและไม้ขีดไฟ	1	ชุด
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	500	กรัม
12. ปากคีบโลหะ	1	อัน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า แท่งคาร์บอนและสายไฟ ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ตลอดจนสายไฟที่ต่อกับแท่งคาร์บอนที่อาจจะหลุดออกทำให้การทดลองไม่ประสบผลสำเร็จ

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ขณะทำการทดลองจะมีกลิ่นของก๊าซคลอรีนเกิดขึ้นที่ขั้วบวกครูควรแนะนำให้นักเรียนระมัดระวังและอย่าสูดดมสารดังกล่าว

2. ให้นักเรียนทดสอบก๊าซจากขั้วบวกโดยใช้กระดาษลิตมัสชั้นทันทีเมื่อเปิดปากหลอดเนื่องจากก๊าซคลอรีนที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยมากแล้วล้างมือทันทีเมื่อทดลองเสร็จสิ้น

แนวการตั้งปัญหา

1. สารละลายเกลือเป็นธาตุหรือสารประกอบ
2. กระแสไฟฟ้าสามารถแยกสารละลายเกลือได้หรือไม่
3. ค่า pH ของสารละลายหลังการทดลองมีค่าเท่ากันหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. สารละลายเกลือน่าจะเป็นสารประกอบ
2. กระแสไฟฟ้าน่าจะแยกสารละลายเกลือได้
3. ค่า pH ของสารละลายหลังการทดลองน่าจะมีค่าเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างผลการทดลอง

ชนิด ขั้วไฟฟ้า	แหล่ง พลังงาน ไฟฟ้า	ชนิด ของสาร	ผลการทดลอง			
			pH ของสารละลาย		ผลการทดสอบก๊าซด้วย	
			ก่อน ทดลอง	หลัง ทดลอง	กระดาษลิตมัสชั้น ขั้วบวก	รูปที่ติดเปลวไฟ ขั้วลบ
แท่ง คาร์บอน	หม้อ แปลง ไฟฟ้า	สารละลาย โซเดียม- คลอไรด์	7	12	กระดาษลิตมัสชั้น สีซีดจาง	มีเสียงระเบิดและ เปลวไฟดับ

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเมื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. สารละลายเกลือหรือสารละลายโซเดียมคลอไรด์สามารถนำไฟฟ้าได้ดีเนื่องจากมีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์

2. ผลการทดสอบก๊าซจากขั้วบวกทำให้กระดาษลิตมัสชั้นสีซีดจางเนื่องเป็นก๊าซคลอรีนที่มีสมบัติในการฟอกจางสีและที่ขั้วลบเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ทำให้รูปที่ติดเป็นเปลวไฟดับและมีเสียงระเบิด

3. ค่า pH ของสารละลายหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น คือ มีสมบัติเป็นเบส และสิ้นมือ เนื่องจากการแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้าจะได้สาร 3 ชนิดคือ ก๊าซคลอรีนที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH)

คำแนะนำเพิ่มเติม

ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองในตอนที่ 2 ทันทีโดยอาจมีการเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องทดลองมาล่วงหน้าซึ่งหลังจากจบการทดลองในแต่ละเรื่องควรให้นักเรียนมีการอ่านบทปฏิบัติการมาล่วงหน้าเพื่อให้เกิดความเข้าใจและทดลองได้ทันเวลามากขึ้น

แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง ธาตุและสารประกอบ

1. ก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้งสองเป็นก๊าซชนิดใด และมีสมบัติอย่างไร อธิบาย
 ตอบ เกิดก๊าซออกซิเจนที่ขั้วบวกมีสมบัติช่วยให้ไฟติด และก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยารุนแรงเนื่องจากมีเสียงระเบิดและไม่ช่วยให้ไฟติด
2. จากการทดลอง "น้ำ" จัดเป็นธาตุหรือสารประกอบ เพราะเหตุใด
 ตอบ น้ำจัดเป็นสารประกอบ เพราะจากการแยกด้วยกระแสไฟฟ้าเกิดก๊าซสองชนิด คือ ก๊าซออกซิเจนและก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นอะตอมของธาตุที่ต่างชนิดกันที่มีตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป
3. โมเลกุลของน้ำมีอัตราส่วนของธาตุองค์ประกอบ อย่างไร
 ตอบ มีอัตราส่วนของธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็น 1 : 8 โดยมวลเสมอ หรือ 2 : 1 โดยจำนวนอะตอม
4. ถ้าใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติแทนน้ำกลั่น ได้ผลการทดลองอย่างไร
 ตอบ น้ำจะได้ผลเช่นเดียวกับการใช้น้ำกลั่นซึ่งต้องเติมสารอิเล็กโทรไลต์เพื่อช่วยในการนำไฟฟ้า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อวิธีการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า คือสิ่งใดบ้าง
 ตอบ 1. แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก เช่น แบตเตอรี่
 2. ขั้วไฟฟ้าทั้งขั้วบวกและขั้วลบ
 3. สารละลายอิเล็กโทรไลต์
5. จากผลการทดลอง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า ก๊าซที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกมีสมบัติเหมือนหรือต่างจากขั้วลบ หรือไม่ อย่างไร
 ตอบ ได้ก๊าซที่ต่างกัน คือที่ขั้วบวกเกิดก๊าซออกซิเจนมีสมบัติในการฟอกจางสี และขั้วลบเกิดก๊าซไฮโดรเจน มีสมบัติที่ไม่ช่วยให้ไฟติดแต่เกิดปฏิกิริยารุนแรงเมื่อได้รับความร้อนและมีเสียงระเบิด
6. องค์ประกอบของน้ำเกลือที่แยกสลายด้วยกระแสไฟฟ้าประกอบด้วยสารชนิดใดบ้าง
 ตอบ 1. ก๊าซคลอรีน
 2. ก๊าซไฮโดรเจน
 3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
7. ก๊าซที่ได้จากการแยกสลายน้ำเกลือด้วยไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง อธิบาย
 ตอบ ก๊าซคลอรีนเป็นสารองค์ประกอบที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสบู่ ฯลฯ
8. สารละลายที่ได้หลังการแยกสลายน้ำเกลือด้วยไฟฟ้าเมื่อทดสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์พบว่าสารละลายมีสมบัติอย่างไร เป็นสารชนิดใด
 ตอบ สารละลายมีสมบัติเป็นเบส คือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
9. จากการศึกษาเรื่องธาตุและสารประกอบ ให้นักเรียนยกตัวอย่างสารประกอบในชีวิตประจำวันมา 2 ชนิด พร้อมบอกชื่อวิทยาศาสตร์ สูตรเคมี และจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ
 ตอบ 1. เกลือแกง ชื่อวิทยาศาสตร์คือ โซเดียมคลอไรด์ สูตรเคมี NaCl มี $\text{Na} = 1$ อะตอม และ $\text{Cl} = 1$ อะตอม
 2. โซดาไฟ ชื่อวิทยาศาสตร์คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ สูตรเคมี NaOH มี $\text{Na} = 1$ อะตอม $\text{O} = 1$ อะตอม และ $\text{H} = 1$ อะตอม

**คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 2 การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย**

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 บท ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 2.1 เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

บทปฏิบัติการที่ 2.2 เรื่อง ละลายเร็ว - ละลายช้า

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของสารพร้อมนำหลักการไปใช้ประโยชน์ได้
2. ทดลองและอธิบายปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการละลายของสารได้
3. อธิบายและบอกองค์ประกอบของสารละลายในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2.1
เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของสารได้
2. ทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาในการเปลี่ยนสถานะของสารโดยใช้ความร้อนได้
3. นำหลักการของการเปลี่ยนสถานะของสารไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสิ่งต่างๆได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (110 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน /กลุ่ม)

1. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ตะแกรงลวดพร้อมที่กั้นลม	1	ชุด
2. ที่จับหลอดทดลองพร้อมขาตั้ง	1	ชุด
3. หลอดทดลองขนาดใหญ่	3	หลอด
4. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	1	ใบ
5. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
6. พาราฟิน	1	กรัม
7. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
8. ช้อนตักสารเบอร์ 2	1	อัน
9. แท่งเหล็กเสียบถั่วลิสง	1	อัน
10. ไม้ขีดไฟ	1	อัน
11. เมล็ดถั่วลิสงแห้ง	6	เมล็ด
12. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูเตรียมหั่นพาราฟินเป็นแผ่นบางสำหรับการทดลองเพื่อไม่ต้องเสียเวลาในการทดลองของนักเรียน หรือครูอาจจะให้ตัวแทนนักเรียนมาเตรียมอุปกรณ์ล่วงหน้าโดยมีครูเป็นผู้แนะนำก็จะเป็นการฝึกนักเรียนอีกด้านหนึ่ง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูเตือนนักเรียนให้ระมัดระวังขณะเผาพาราฟิน เมื่อหลอมเหลวอาจกระเด็นออกจากหลอดทดลองได้
2. ก่อนเผาถั่วลิสงควรวัดระยะห่างระหว่างกันหลอดทดลองกับความสูงของที่เสียบเมล็ดถั่วเพื่อป้องกันเปลวไฟไหม้ที่จับหลอดทดลอง และสูญเสียปริมาณความร้อนจากเมล็ดถั่วน้อยที่สุด
3. ขณะเผาเมล็ดถั่วลิสงจะมีเขม่าสีดำเกิดขึ้นและติดที่ก้นหลอดทดลองอาจทำให้การสังเกตการหลอมเหลวของพาราฟินไม่ชัดเจนดังนั้นนักเรียนต้องคอยสังเกตการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
4. เมื่อทดลองเสร็จสิ้นควรทำความสะอาดหลอดทดลองทันทีโดยใช้กระดาษหนังสือพิมพ์เช็ดให้สะอาดก่อนนำไปล้างด้วยสารทำความสะอาด
5. ก่อนนำเมล็ดถั่วลิสงหลังการเผาไปทิ้งควรดับเปลวไฟทุกครั้ง

แนวการตั้งปัญหา

ความร้อนจากเมล็ดถั่วลิสงสามารถทำให้พาราฟินหลอมเหลวได้หรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

ความร้อนจากเมล็ดถั่วลิสงน่าจะทำให้พาราฟินหลอมเหลวได้

ตัวอย่างผลการทดลอง

สารที่ใช้ทดสอบ	จำนวนเมล็ดถั่วลิสง	น้ำหนักเมล็ดถั่วลิสง (กรัม)	ผลการทดลองจากการเผาเมล็ดถั่วลิสง	
			ระยะเวลาเมื่อพาราฟินหลอมเหลวหมดพอดี (วินาที)	อุณหภูมิของพาราฟินเมื่อหลอมเหลวหมดพอดี (°C)
พาราฟิน	1 เมล็ด	1.9	60	40
	2 เมล็ด	2.2	49	64
	3 เมล็ด	3.5	37	75

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. ถั่วลิสงที่เผาไฟสามารถให้ความร้อนได้ดี
2. จำนวนและน้ำหนักของเมล็ดถั่วลิสงที่เพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาในการหลอมเหลวของพาราฟินน้อยลงส่วนอุณหภูมิของพาราฟินเมื่อหลอมเหลวหมดพอดีมีค่าสูงขึ้น

คำแนะนำเพิ่มเติม

ควรแนะนำให้นักเรียนทำการทดลองในตอนที่สองโดยอาจใช้สารในสถานะอื่น ๆ มาทดสอบหรือ วัสดุอื่นแทนเมล็ดถั่ว

* หมายเหตุ ค่าที่ได้จากการทดลองในตารางเป็นเพียงตัวอย่างที่ได้จากการทดลองเท่านั้นผู้ใช้บทปฏิบัติการอาจจะได้ค่าที่แตกต่างออกไปได้

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2.2

เรื่อง ละลายเร็ว - ละลายช้า

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายปัจจัยเกี่ยวกับ อุณหภูมิ และชนิดของตัวถูกละลายกับตัวทำละลายที่มีผลต่อการละลายของสารได้
2. ทดลองใช้สารที่มีในชีวิตประจำวันแทนสารเคมีจากห้องปฏิบัติการในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการละลายได้
3. ยกตัวอย่างชนิดและบอกถึงองค์ประกอบของสารละลายในสถานะของแข็ง ของเหลวและก๊าซได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (110 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 อุณหภูมิของตัวทำละลายมีผลต่อการละลายของสาร

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. บีกเกอร์ขนาด 60 cm ³	5	ใบ
2. ช้อนตักสารเบอร์ 1	1	อัน
3. เทอร์โมมิเตอร์	1	อัน
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ที่กั้นลม, ตะแกรงลวด	1	ชุด
5. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³ , 500 cm ³ อย่างละ	1	ใบ
6. หลอดฉีดยา	1	อัน
7. กระจกบดขนาด 10 cm ³	1	อัน
8. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	1	ขวด
9. น้ำแข็ง	200	cm ³
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
12. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูทบทวนวิธีการใช้เครื่องชั่งให้กับนักเรียนเพื่อความสะดวก รวดเร็วและได้ค่าที่ถูกต้องในการทดลอง
2. ตัวแทนนักเรียนและครูเตรียมน้ำแข็งและตม่น้ำที่ใช้ในการทดลองไว้ล่วงหน้า

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. นักเรียนควรเตรียมน้ำกลั่นที่ยังไม่ได้ต้มใส่ในบีกเกอร์ที่ 2, 3 และ 4 ปริมาตร 5, 10 และ 20 cm³ ตามลำดับไว้ล่วงหน้าแล้วเติมน้ำที่ต้มเดือดแล้วในบีกเกอร์ที่ 1, 2, และ 3 ในปริมาตร 20, 15 และ 10 cm³ ตามลำดับเพื่อไม่ให้เสียเวลาซึ่งเป็นผลทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันมากอาจทำให้เปรียบเทียบผลการทดลองได้ยาก

2. ควรใส่สารที่ทดลองลงในบีกเกอร์พร้อม ๆ กันทั้ง 5 บีกเกอร์และควรระวังไม่ให้เกิดการขยับบีกเกอร์และผู้สังเกตผลการเปลี่ยนแปลงควรเป็นผู้ทดลองคนเดียว

แนวการตั้งปัญหา

ตัวทำละลายที่อุณหภูมิต่างกันมีผลทำให้การละลายของสารต่างกันหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

ตัวทำละลายที่มีอุณหภูมิต่างกันน่าจะมีผลทำให้การละลายของสารต่างกัน

ตัวอย่างผลการทดลอง

บีกเกอร์ที่	อุณหภูมิของตัวทำละลาย(น้ำ, °C)	ผลการละลายของตัวถูกละลาย(โซเดียมคลอไรด์)เมื่อวางทิ้งไว้		
		5 นาที	10 นาที	15 นาที
1	60	ละลายเล็กน้อย	ละลายเพิ่มขึ้น	ละลายหมด
2	53	ละลายเล็กน้อย	ละลายเพิ่มขึ้น	ละลายเกือบหมด
3	41	ละลายเล็กน้อย	ละลายปานกลาง	เหลือมากกว่าบีกเกอร์ 2
4	30	ยังไม่ละลาย	ละลายปานกลาง	เหลือมากกว่าบีกเกอร์ 3
5	10	ยังไม่ละลาย	ละลายปานกลาง	เหลือมากกว่าบีกเกอร์ 4

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. น้ำที่มีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้การละลายของโซเดียมคลอไรด์ละลายได้เร็วขึ้น

2. ตัวทำละลายชนิดเดียวกันเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ตัวถูกละลายชนิดเดียวกันละลายได้เร็วขึ้นซึ่งเป็นไปตามหลักการละลายของของแข็งในของเหลวโดยจะละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

คำแนะนำเพิ่มเติม

สารโซเดียมคลอไรด์(NaCl)มีข้อจำกัดในการละลายโดยเมื่อถึงจุดหนึ่งจะไม่สามารถละลายได้อีก เช่น ที่อุณหภูมิ 0 °C สามารถละลายในน้ำ 100 cm³ ได้มากที่สุดเพียง 35.7 กรัมเท่านั้นถ้าเติมลงไปอีกส่วนที่เกินจะไม่ละลายคือ จะคงสภาพเป็นของแข็งอยู่ในสารละลาย แต่ที่อุณหภูมิ 100 °C สามารถละลายได้ถึง 39.1 กรัม ในน้ำ 100 cm³ ซึ่งจากการทดลองเป็นเพียงตัวอย่างการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิของตัวทำละลายที่มีผลต่อการละลายของสารเท่านั้นและใช้สารในปริมาณน้อย ซึ่งครูผู้สอนอาจใช้สารชนิดอื่นแทนสารดังกล่าวได้

แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง การเปลี่ยนสถานะและการเกิดสารละลาย

1. เมื่อให้ความร้อนกับพาราฟินในหลอดทดลองระยะเวลาของการหลอมเหลว และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสาร เป็นอย่างไร
 ตอบ เมื่อระยะเวลาในการให้ความร้อนกับพาราฟินเพิ่มขึ้นการหลอมเหลวของพาราฟินมีมากขึ้น
2. ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เมล็ดถั่วก็เมล็ด ที่ทำให้พาราฟินหลอมเหลวได้เร็วที่สุด เพราะเหตุใด
 ตอบ จำนวน 3 เมล็ดเนื่องจากมีพลังงานสูงให้ความร้อนได้มากทำให้การหลอมเหลวของพาราฟินหลอมเหลวได้เร็ว
3. ถ้าวางพาราฟินที่หลอมเหลวแล้วไว้สักครู่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด
 ตอบ จะเกิดการแข็งตัว เนื่องจากอุณหภูมิลดลงทำให้พลังงานจลน์ของแต่ละอนุภาคลดลงและเคลื่อนที่ได้น้อยมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้นและชิดกันมากขึ้นจนไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้
4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการเปลี่ยนสถานะของสารเมื่อได้รับความร้อนตามธรรมชาติ อย่างน้อย 2 ชนิด
 ตอบ 1. การระเหยกลายเป็นไอของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น ทะเล แม่น้ำ ฯลฯ
 2. การละลายของภูเขาน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก
5. นักเรียนสามารถนำหลักการของการเปลี่ยนสถานะของสารไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง
 ตอบ การทำน้ำแข็ง การหล่อเทียนพรรษา ฯลฯ
6. การละลายของเกล็ดแก๊สในแต่ละบีกเกอร์ที่มีอุณหภูมิต่างกัน ได้ผลเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร
 ตอบ ได้ผลต่างกันคือ ในบีกเกอร์ที่มีอุณหภูมิสูงมีผลทำให้เกล็ดแก๊สละลายได้เร็วกว่าบีกเกอร์ที่มีอุณหภูมิต่ำ
7. อุณหภูมิของน้ำระดับใดที่มีผลต่อการละลายของเกล็ดแก๊สได้เร็วที่สุด และช้าที่สุดตามลำดับ
 ตอบ จากการทดลองน้ำที่มีระดับอุณหภูมิ 60 °C และระดับอุณหภูมิ 10 °C มีผลต่อการละลายของเกล็ดแก๊สได้เร็วที่สุดและช้าที่สุดตามลำดับ
8. ถ้าเปลี่ยนตัวถูกละลายเป็นสารชนิดอื่นน่าจะมีผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองดังกล่าวหรือไม่ เพราะเหตุใด
 ตอบ ได้ผลการทดลองต่างกันเนื่องจากตัวถูกละลายต่างชนิดกันมีสมบัติในการละลายต่างกัน
9. จากการทดลองปัจจัยเกี่ยวกับอุณหภูมิดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง ยกตัวอย่างมา 2 ชนิด
 ตอบ การทำน้ำเชื่อม การชงกาแฟ ฯลฯ
10. นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยอื่น ที่มีผลต่อการละลายของสารอีกหรือไม่ยกตัวอย่างมา 2 ชนิด
 ตอบ 1. ความดัน
 2. ชนิดของตัวทำละลายและชนิดของตัวถูกละลาย

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ
เรื่องที่ 3 ปฏิกริยาเคมี

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 บท ดังนี้

- บทปฏิบัติการที่ 3.1 เรื่อง การทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน
บทปฏิบัติการที่ 3.2 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายหลักการ รวมทั้งขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารได้
2. บอกประโยชน์และโทษรวมทั้งวิธีป้องกันอย่างง่ายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3.1
เรื่อง การทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน

จุดประสงค์ เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ศึกษาและทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีของแคลเซียมคาร์บอเนตได้
2. ทดสอบสารที่ได้จากการเผาแคลเซียมคาร์บอเนตได้
3. บอกการใช้ประโยชน์ของสารที่ได้จากการเผาแคลเซียมคาร์บอเนตได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 การทำปฏิกิริยาเคมีจากหินปูน

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. หินปูนบดละเอียด	1	ช้อนเบอร์ 2
2. หลอดทดลองขนาดใหญ่	1	หลอด
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ตะแกรงลวดพร้อมที่กั้นลม	1	ชุด
4. จุกยางพร้อมท่อนำก๊าซ	1	ชุด
5. หลอดทดลองขนาดเล็ก	1	หลอด
6. สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์	50	cm ³
7. ถ้วยกระเบื้อง	1	อัน
8. หลอดหยดสาร	1	อัน
9. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	1	กล่อง
10. น้ำกลั่น	1	ขวด
11. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูและตัวแทนนักเรียนเตรียมหินปูนบดละเอียดและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ล่วงหน้า

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ในขั้นตอนการทดสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการเผาหินปูนนักเรียนควรสังเกตอย่างละเอียดเนื่องจากปริมาณปูนที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณน้อยก๊าซที่เกิดขึ้นจึงมีปริมาณน้อยด้วย
2. เมื่อหยดน้ำลงในหินปูนที่ได้จากการเผาแล้วควรแช่ไว้สักครู่ก่อนที่จะทดสอบโดยการดูด้วยมือ

แนวการตั้งปัญหา

1. ความร้อนทำให้หินปูนมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. ความร้อนน่าจะมีผลทำให้หินปูนเกิดการเปลี่ยนแปลงได้
2. ขั้นตอนการเผาหินปูนน่าจะมีก๊าซเกิดขึ้นได้

ตัวอย่างผลการทดลอง

สารที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดลองเมื่อเผาหินปูนขั้นตอนที่ 1	ผลการทดลองเมื่อเผาหินปูนขั้นตอนที่ 2 และผลการเปลี่ยนแปลงหลังการหยดน้ำ	
	การเปลี่ยนแปลงของสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์	ทดสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	ดูด้วยมือ
หินปูนบดละเอียด	สารละลายมีสีขุ่น	มี pH เท่ากับ 10	ลื่นมือและละเอียดคล้ายแป้ง

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. ขณะเผาหินปูนบดละเอียดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นซึ่งมีผลทำให้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีสีขุ่น
2. เมื่อหยดน้ำลงในหินปูนบดละเอียดหลังการเผาแล้วทดสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์มีค่า pH เท่ากับ 10 มีสมบัติเป็นเบสและดูด้วยมือแล้วรู้สึกลื่นมือและละเอียดคล้ายแป้งซึ่งเป็นสมบัติของสารแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ที่ผสมน้ำแล้วเปลี่ยนเป็นสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2)

คำแนะนำเพิ่มเติม

การเผาหินปูนเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและเกิดผลเร็วควรให้ความร้อนสูงมากพอที่จะทำให้หินปูนเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่น การเผาด้วยเตาถ่านซึ่งครูผู้สอนอาจจะทำการทดลองเพิ่มเติมให้กับนักเรียนในคาบอิสระ และควรกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมในตอนที่ 2 ด้วย

คู่มือครูประกอบการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3.2
เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและบอกปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมของเหล็กได้
2. อธิบายวิธีการป้องกันสนิมของเหล็กได้
3. ทดลองใช้สารป้องกันสนิมอย่างง่ายได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (110 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. หลอดทดลองขนาดกลาง	5	หลอด
2. หลอดฉีดยา หรือกระบอกตวง	1	อัน
3. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
4. ตะปูเหล็กขนาด 1 นิ้ว	5	ตัว
5. น้ำกลั่น	1	ขวด
6. สารละลายโซเดียมคลอไรด์	50	cm ³
7. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	50	cm ³
8. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	50	cm ³
9. ปากคีบโลหะ	1	อัน
10. กระดาษทราย	1	แผ่น
11. ช้อนตักสารเบอร์ 2	1	อัน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูและตัวแทนนักเรียนเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีล่วงหน้า เช่น สารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารละลายโซเดียมคลอไรด์

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. หลอดทดลองที่นำมาใช้ต้องเป็นหลอดทดลองที่สะอาดและแห้งสนิท
2. ต้องขัดตะปูด้วยกระดาษทรายให้เรียบก่อนทดลองทุกครั้ง
3. ควรเติมสารที่ใช้ทดสอบให้ท่วมตัวตะปูที่ใช้ทดลอง

แนวการตั้งปัญหา

ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก

แนวการตั้งสมมติฐาน

ตะปูในหลอดที่มีน้ำ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์น่าจะเกิดการเกิดสนิมเหล็กได้

ตัวอย่างผลการทดลอง

หลอดที่	สารที่ใส่ในหลอดทดลอง	ผลการเปลี่ยนแปลงเมื่อทิ้งไว้ 1 วัน
1	เหล็ก(ตะปู)+น้ำกลั่น	มีตะกอนสีน้ำตาลแดงปนในน้ำและเกาะที่ตัวตะปู
2	เหล็ก(ตะปู)+สารละลายโซเดียมคลอไรด์	มีตะกอนสีน้ำตาลแดงที่ก้นหลอดและเกาะที่ตัวตะปู
3	เหล็ก(ตะปู)+สารละลายกรดไฮโดรคลอริก	มีฟองก๊าซและตะกอนสีดำในสารละลาย
4	เหล็ก(ตะปู)+สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
5	เหล็ก(ตะปู)	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำผลไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. สารที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก(ตะปู)เมื่อทิ้งไว้ 1 วัน ได้แก่ น้ำกลั่น และสารละลาย

โซเดียมคลอไรด์ เนื่องจากมีตะกอนสีน้ำตาลแดงเกาะที่ตัวตะปูและปนในสารละลายส่วนสารละลายกรดไฮโดรคลอริกทำให้เหล็ก(ตะปู)เกิดการกร่อนและมีตะกอนสีดำ ยกเว้นเหล็ก(ตะปู)ในหลอดที่ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และเหล็ก(ตะปู)ที่ไม่ได้ใส่สารใดซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2. ถ้าทิ้งหลอดทดลองดังกล่าวให้นานกว่าเดิมเหล็ก(ตะปู)จะเกิดสนิมได้ทุกหลอดเนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็กได้แก่ ความชื้น ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรดเป็นเบสและความเข้มข้นของสารละลาย แต่ทั้งนี้ถ้าอยู่ในสภาพที่แห้งไม่มีไอน้ำในอากาศเจือปนย่อมจะไม่ทำให้เหล็กเป็นสนิมได้

คำแนะนำเพิ่มเติม

ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมตอนที่ 2 และนำหลักการที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การล้างมือที่ทำจากเหล็กควรขัดให้แห้งก่อนเก็บเพื่อป้องกันการเกิดสนิมได้

แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

1. ผลการเปลี่ยนแปลงของหินปูนที่ได้จากการเผา มีลักษณะเป็นอย่างไร

ตอบ มีลักษณะสีเทา

2. ก๊าซที่ได้จากการเผาหินปูนเป็นก๊าซชนิดใด ทราบได้อย่างไร

ตอบ เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเมื่อทดสอบกับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ขณะเผาทำให้สารละลายมีสีขุ่น

3. สารที่ได้จากการเผาหินปูนก่อนและหลังหยดน้ำลงไปมีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ตอบ ก่อนหยดน้ำสารมีลักษณะเป็นของแข็งสีเทาเมื่อหยดน้ำลงไปทำให้หินปูนมีลักษณะเปียกยุ่ยลื่นมือ

4. เมื่อทดสอบสารที่ได้จากการเผาหินปูนโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ผลเป็นอย่างไร

ตอบ มีค่า pH เท่ากับ 10 มีสมบัติเป็นเบส

5. นักเรียนคิดว่าการสลายหินปูนด้วยวิธีดังกล่าวมีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร
ตอบ มีประโยชน์เนื่องจากผลจากการเผาจะมีสารใหม่เกิดขึ้นซึ่งเป็นหลักการในการนำไปทำปูนกินหมากได้
6. จากการทดลองหลอดที่เกิดสนิมของตะปูเหล็กได้แก่หลอดใดบ้าง เพราะเหตุใด
ตอบ หลอดที่มีน้ำ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ซึ่งมีตะกอนสีน้ำตาลแดงเกิดขึ้นเนื่องจากอยู่ในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจนและสารละลายที่มีความเข้มข้นส่งผลให้เกิดสนิมเหล็กได้
7. สนิมเหล็กที่เกิดขึ้นมีลักษณะอย่างไร เหมือนกันทุกหลอดหรือไม่อย่างไร
ตอบ สนิมเหล็กที่เกิดขึ้นมีสีน้ำตาลแดง
8. เพราะเหตุใด จึงต้องขัดตะปูเหล็กด้วยกระดาษทรายก่อนการทดลอง
ตอบ เพื่อต้องการให้มีผิวเรียบ และกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดที่ตัวตะปูซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นหลังการทดลองได้
9. ตะปูเหล็กในหลอดใดไม่เกิดสนิมเหล็กเพราะเหตุใด และมีโอกาสเกิดสนิมได้หรือไม่
ตอบ ตะปูในหลอดที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และในหลอดที่ไม่มีสารใดเลย ซึ่งมีโอกาสเกิดสนิมได้เมื่อทิ้งไว้นานขึ้น ส่วนหลอดที่ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีตะกอนสีดำ และตัวตะปูมีลักษณะกร่อนซึ่งถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการกร่อนของโลหะ
10. นักเรียนจะมีวิธีป้องกันอุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้านที่ทำจากเหล็กไม่ให้เกิดสนิมได้อย่างไร บอกมาอย่างน้อย 2 วิธี
ตอบ 1. การทาสี
 2. การอาบน้ำมัน เช่น น้ำมันเครื่อง ขี้ผึ้ง หรือขุบพาราฟิน ฯลฯ

**คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 4 ปฏิบัติการเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อม**

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 บท ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 4.1 เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

บทปฏิบัติการที่ 4.2 เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันและผลต่อสิ่งแวดล้อมได้
2. อธิบายและยกตัวอย่างการใช้สารเคมีในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์และระบุผลต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเสนอแนะแนวทางในการป้องกันแก้ไข

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4.1
เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการปรับสภาพดินกรดโดยใช้เปลือกไข่ได้
2. ทดสอบความเป็นกรดของดินโดยใช้วิธีที่เหมาะสมได้
3. ทดสอบ pH ของเปลือกไข่และนำไปใช้ประโยชน์ได้
4. นำหลักการที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (110 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 เปลือกไข่ไก่ปรับสภาพดินกรด

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. เปลือกไข่ไก่	100	cm ³
2. ดินตัวอย่าง(มีสภาพความเป็นกรด)	100	cm ³
3. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	3	ใบ
4. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
5. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์	1	ชุด
6. น้ำกลั่น	1	ขวด
7. ช้อนตักสารเบอร์ 2	1	อัน
8. โกร่งบดสาร	1	ชุด
9. หลอดฉีดยา หรือ กระบอกตวง	1	อัน
10. เครื่อง pH มิเตอร์	1	ชุด

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูและตัวแทนนักเรียนเตรียมเปลือกไข่ไก่ที่ตากแห้งบดให้ละเอียดและดินตัวอย่างที่มีสมบัติเป็นกรดไว้ล่วงหน้าเพื่อช่วยให้การทดลองเป็นไป得更เร็วขึ้น

อภิปรายก่อนการทดลอง

การทดสอบค่า pH ของดินด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์มักจะสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงก่อนข้างยากเนื่องจากมีสีเข้ดินปนอยู่จึงต้องรอให้ดินตกตะกอนสักครู่ก่อนนำเอาของเหลวมาทดสอบด้วยกระดาษดังกล่าว ซึ่งส่งผลให้เสียเวลาในการทดลองจึงควรใช้เครื่อง pH มิเตอร์แทน แต่ถ้าโรงเรียนไม่มีเครื่องมือดังกล่าวครูผู้สอนอาจปรับเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้นได้

แนวการตั้งปัญหา

1. เปลือกไข่ไก่สามารถปรับสภาพดินกรดได้หรือไม่
2. ในเปลือกไข่ไก่มีสารใดช่วยลดกรดในดิน

แนวทางการตั้งสมมติฐาน

1. เปลือกไข่ไก่น่าจะสามารถปรับสภาพดินกรดได้
2. ในเปลือกไข่ไก่น่าจะมีสารที่มีสมบัติเป็นเบสที่ช่วยลดกรดในดินได้

ตัวอย่างผลการทดลอง

ปริมาณเปลือกไข่ไก่บดละเอียด(ช้อนเบอร์ 2)	ผลการทดสอบค่าพีเอช(pH)ของดิน หลังเติมเปลือกไข่ไก่
1	5.0
2	5.0
3	6.3
4	6.5
5	7.0

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. เมื่อเติมปริมาณเปลือกไข่ไก่บดละเอียดเพิ่มมากขึ้นทำให้ดินดินมีค่าความเป็นกรดลดลง
2. เปลือกไข่ไก่มีสารพวกคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบซึ่งมีสมบัติเป็นเบสช่วยลดค่าความเป็นกรด

ได้

3. การบดเปลือกไข่ไก่ให้ละเอียดเป็นการช่วยให้ความเป็นกรดลดลงได้เร็วขึ้นเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของสารได้ดี

4. จากการทดลองดังกล่าวเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

คำแนะนำเพิ่มเติม

ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองในกิจกรรมตอนที่ 2 และคิดโครงงานวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการใช้วัสดุเหลือทิ้งในลักษณะดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4.2
เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายวิธีการตรวจสอบสารมีสีในอาหารได้
2. บอกองค์ประกอบของสารมีสีที่มีในอาหารที่ตรวจสอบได้
3. ทดลองเปรียบเทียบองค์ประกอบของสารมีสีในอาหารกับสารมีสีจากธรรมชาติได้
4. บอกประโยชน์และโทษของสารมีสีที่ปนในอาหารได้

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (110 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	60	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

ตอนที่ 1 การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน/กลุ่ม)

1. น้ำหวานหรือน้ำอัดลมสีต่างๆที่ต้องการตรวจสอบ	1	ชนิด
2. ไหมพรมสีขาวยาว 15 cm	3	เส้น
3. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	1	ขวด
4. สารละลายกรดน้ำส้ม	1	ขวด
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ที่กั้นลม, ตะแกรงลวด	1	ชุด
6. กระดาษโครมาโทกราฟี เบอร์ 1 ขนาด 4 × 13 cm	1	แผ่น
7. หลอดฉีดยา หรือกระบอกตวง	1	อัน
8. สารละลาย ไอโซบิวทานอล : เอทานอล : น้ำ = 10 : 20 : 10 โดยปริมาตร		
9. น้ำกลั่น	1	ขวด
10. บีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	2	ใบ
11. ขวดแก้วขนาด สำหรับใช้ในโครมาโทกราฟี พร้อมฝาปิด	1	ชุด
12. หลอดคาปิลลารี (capillary) ขนาด 0.1 มิลลิเมตร	3	อัน
13. สีส้มอาหาร(สีแดง, เขียว, เหลือง)	1	สี
14. เศษแก้วหรือเศษกระเบื้องขนาดเล็ก	10	ชิ้น

การเตรียมตัวล่วงหน้า

ครูและตัวแทนนักเรียนร่วมกันเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีในการทดลองล่วงหน้า ได้แก่ สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.3 โมล สารละลายกรดอะซิติก 3 % สารตัวทำละลายคือ Isobutanol : Ethanol : น้ำ ในอัตราส่วน 10 : 20 : 10 โดยปริมาตรและกระดาษโครมาโทกราฟีขนาด 15 × 25 cm

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. แนะนำนักเรียนให้นำตัวอย่างอาหารที่นำมาทดสอบต้องเป็นอาหารที่มีสีที่ได้จากสีที่ละลายได้ในน้ำเท่านั้นเช่น ซอส วุ้น เยลลี่ น้ำหวาน น้ำอัดลม ฯลฯ
2. ขณะต้มน้ำที่ทดลองควรระวังการกระเด็นของสารที่เกิดจากการเดือดจึงควรใส่เศษกระเบื้องลงในสารที่ต้ม 2-3 ชิ้นและคอยคนสารตลอดเวลา
3. การหยดสารสีที่สกัดได้ลงบนกระดาษโครมาโทกราฟีควรหยดให้สารสีมีระยะห่างกันพอสมควร และขนาดของหยดควรมีรัศมีประมาณ 1 cm ระวังอย่าให้กระดาษตรงรอยหยดขาด

แนวการตั้งปัญหา

น้ำอัดลมสีแดงและสีสังเคาะห์สีแดงมีองค์ประกอบสีอื่นหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

น้ำอัดลมสีแดงและสีสังเคาะห์สีแดงน่าจะมีสีอื่นเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

ตัวอย่างผลการทดลอง

สารที่ทดสอบ	ผลการแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟี
1. น้ำอัดลมสีแดง	มีสารสีแดงและลักษณะสีจาง
2. สีผสมอาหารที่เป็นสีสังเคาะห์สีแดง	สีสารสีแดงและลักษณะสีเข้ม

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. ผลการแยกน้ำอัดลมสีแดงเปรียบเทียบกับสีผสมอาหารสีแดงซึ่งแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษผลที่ได้มีสารสีแดงและมีลักษณะสีจางกว่าสีสังเคาะห์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำอัดลมเป็นอาหารที่มีการควบคุมจากองค์การอาหารและยาในการเติมสารแต่งสีซึ่งมีปริมาณน้อยผลการแยกจึงมีสีจาง
2. วิธีการสกัดสีและแยกสีด้วยวิธีโครมาโทกราฟีจัดเป็นวิธีการตรวจสอบอาหารอีกวิธีหนึ่งที่สามารถตรวจสอบสารสีที่มีในอาหารได้

คำแนะนำเพิ่มเติม

ควรนำตัวอย่างอาหารที่มีสารแต่งสีที่มีทั่วไปในตลาด เช่น สารสีในกัมพูช้ำ น้ำหวานที่ไม่ได้รับรองจากองค์การอาหารและยา ฯลฯ แล้วเปรียบเทียบกับอาหารแต่งสีที่ผ่านการรับรองเพื่อตรวจสอบและนำข้อมูลที่ได้เผยแพร่ให้กับนักเรียนในโรงเรียนปลูกฝังการกินอาหารที่มีสีสังเคาะห์

แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน

และผลต่อสิ่งแวดล้อม

1. การเกิดสภาพดินกรดประกอบด้วยปัจจัยใดบ้าง

ตอบ 1. มีการทับถมของสารอินทรีย์ในดินมากเกินไป

2. มีการใส่ปุ๋ยเคมี เช่นปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียมมากเกินไป

2. ถ้าเติมเปลือกไข่ไก่บดลงเียดลงในดินมากเกินไปจะก่อให้เกิดผลอย่างไร

ตอบ ดินจะมีความเป็นเบสเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีสารพวกคาร์บอเนตปนอยู่ในดินมากเกินไป

3. เปลือกไข่ไก่มีคุณสมบัติปรับสภาพดินกรดในดินได้ เพราะเหตุใดอธิบาย
 ตอบ เพราะเปลือกไข่ไก่มีสารพวกแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบและมีสมบัติเป็นเบสและทำลายกรดในดินได้
4. นอกจากนำเปลือกไข่ไก่มาใช้ในการปรับสภาพดินกรดแล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรได้อีกบ้าง
 ตอบ นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ และปุ๋ย
5. ยกตัวอย่างวัสดุธรรมชาติที่เป็นของเหลือทิ้งที่มีคุณสมบัติในการปรับสภาพดินกรดได้ อย่างน้อย 3 ชนิด
 ตอบ 1. เปลือกไข่ชนิดอื่น เช่น เปลือกไข่นกกระทา เปลือกไข่เป็ด
 2. เปลือกหอยแครง
 3. ขี้เถ้า
6. จากการทดลองตรวจสอบสารมีสีที่เติมลงในน้ำหวานผลที่ได้เป็นสีชนิดเดียวหรือสีผสม ทราบได้อย่างไร
 ตอบ เป็นสีชนิดเดียวจากการแยกด้วยวิธีโครมาโทกราฟี
7. การที่ร่างกายได้รับสารมีสีที่ปนในอาหารที่เป็นสีชนิดเดียวกับชนิดที่เป็นสีผสม นักเรียนคิดว่าอันตรายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมในร่างกายมีผลรุนแรงเท่ากันหรือไม่อย่างไร อธิบาย
 ตอบ อันตรายจากสารสีที่เป็นสีผสมจะรุนแรงกว่าสารสีเดียวเนื่องจาก มีปริมาณสีที่มากกว่าหนึ่งสีและคุณสมบัติของแต่ละสีอาจจะมีพิษต่างกัน
8. การรับประทานอาหารที่ใส่สารมีสีจากธรรมชาติกับอาหารที่ไม่ได้ใส่สารมีสีใดเลย นักเรียนคิดว่าประโยชน์และคุณค่าของอาหารที่ได้ต่างกันหรือไม่อย่างไร อธิบายพร้อมยกตัวอย่างชนิดของอาหารและสีที่ใส่ในอาหารดังกล่าว
 ตอบ อาหารที่มีสีจากธรรมชาติ เช่น สีเหลืองจากฟักทองจะมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าอาหารที่ไม่ได้ใส่สีจากธรรมชาติ และสารสีเหลืองจากฟักทองมีสารพวกวิตามินเอที่มีประโยชน์แก่ร่างกายด้วย
9. การใช้สีสังเคราะห์ที่เป็นสีผสมอาหารซึ่งมีแพร่หลายในปัจจุบัน นักเรียนคิดว่าการใช้สีดังกล่าวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร ด้านใด อธิบาย
 ตอบ การใช้สีดังกล่าวมีผลกระทบหลายด้าน เช่น น้ำเสียที่เกิดจากระบวนการผลิต หรืออากาศเสียที่เกิดจากการปล่อยจากโรงงานสารเคมีในการผลิตสี ฯลฯ
10. ถ้าต้องการตรวจสอบสารมีสีที่เป็นสีจากธรรมชาติกับสารมีสีที่ได้จากการสังเคราะห์ที่เป็นสีเดียวกัน เช่น สีเขียวจากใบเตยกับสีเขียวสังเคราะห์ว่ามีส่วนประกอบที่เป็นสารสีชนิดเดียวกันหรือไม่ ควรออกแบบการทดสอบอย่างง่ายได้อย่างไร
 ตอบ นำใบเตยมาคั้นสี และทดลองเปรียบเทียบโดยการแยกสีด้วยวิธีโครมาโทกราฟี แล้วเปรียบเทียบสีที่แยกได้ว่าแต่ละชนิดมีกี่สีและมีสีเหมือนกันหรือไม่

ภาคผนวก ค

1. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. ตารางสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
4. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบประเมินผลกาเรียนรู้ด้านทักษะ
ปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์
5. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์

ตาราง 24 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
บทปฏิบัติการที่ 1.1								
ส่วนที่ 1								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 3								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								ผ่าน
- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
บทปฏิบัติการที่ 1.2								
ส่วนที่ 1								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
<u>ส่วนที่ 2</u>								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผล การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลอง ในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ผ่าน
บทปฏิบัติการที่ 2.1								
<u>ส่วนที่ 1</u>								
1.2 ความถูกต้องและความเหมาะสม ของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
1.3 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 2</u> บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผล การทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลอง ในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	ผ่าน
<u>บทปฏิบัติการที่ 2.2</u>								
<u>ส่วนที่ 1</u>								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 2</u>								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผล การทดลอง								
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลอง ในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
บทปฏิบัติการที่ 3.1								
ส่วนที่ 1								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 3								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
บทปฏิบัติการที่ 3.2								
ส่วนที่ 1								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
1.2 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
1.3 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 3								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
บทปฏิบัติการที่ 4.1								
ส่วนที่ 1								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
ส่วนที่ 2								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.60	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผล								
การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ								
วิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลอง								
ในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
<u>บทปฏิบัติการที่ 4.2</u>								
<u>ส่วนที่ 1</u>								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์</u>								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผล								
การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ								
วิทยาศาสตร์								

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
- สอดคล้องกับการทดลอง ในทปปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

สรุปข้อแนะนำและข้อวิจารณ์จากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ควรปรับปรุงแบบให้เหมาะสมเป็นระบบ เช่น ขนาดตัวอักษร หัวข้อใหญ่/รองควรมีขนาดต่างกันตามลำดับ
2. การอธิบายเนื้อหาในบางเรื่องยากไปสำหรับนักเรียนระดับ ม.2 และใบความรู้ยังใช้การเชื่อมโยงที่ยากและพยายามให้นักเรียนสืบค้นเอง
3. ควรมีรูปแสดงประกอบการทดลอง
4. อาจใช้อุปกรณ์ที่นอกเหนือจากห้องทดลองมาทดแทนได้เพื่อฝึกให้นักเรียนเห็นคุณค่าของสิ่งเหลือใช้และประยุกต์ใช้อุปกรณ์ในการทดลอง
5. บทปฏิบัติการเรื่องการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าในส่วนใบความรู้ควรเพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับ สารเนื้อเดียว สารเนื้อผสม สารละลาย และสารบริสุทธิ์
6. ควรใช้เครื่องชั่งหาน้ำหนักพาราฟินแทนการใช้ช้อนตักสาร
7. ในแบบรายงานผลการทดลองควรเพิ่มหัวข้อการตั้งปัญหา แล้วคิดหาคำตอบจากการทำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
8. บทปฏิบัติการมีความคิดสร้างสรรค์ดีควรกระตุ้นให้เชื่อมโยงไปสู่โครงงานวิทยาศาสตร์

ตาราง 25 สรุปผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)
1.1	0.89
1.2	0.91
2.1	0.89
2.2	0.95
3.1	0.98
3.2	0.98
4.1	0.91
4.2	0.98

ตาราง 26 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
3	+1	+1	0	-1	+1	2	0.40	ปรับปรุง*
4	+1	+1	0	-1	+1	2	0.40	ปรับปรุง*
5	+1	+1	-1	0	-1	0	0.00	ปรับปรุง*
6	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
7	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
8	+1	+1	-1	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง*
9	+1	+1	-1	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง*
10	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
13	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	ผ่าน
14	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	ผ่าน
15	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	ผ่าน
16	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
17	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
18	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
19	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
20	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
21	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
22	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
23	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
24	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
25	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
26	+1	0	+1	+1	0	3	0.60	ผ่าน
27	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
28	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
29	+1	0	0	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง*
30	+1	0	0	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง*

ตาราง 26 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
31	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
32	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
33	+1	0	0	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง*
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
36	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	ผ่าน
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
40	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
43	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
48	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
49	+1	+1	-1	+1	0	2	0.40	ปรับปรุง*
50	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	ผ่าน
51	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
52	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
53	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
54	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
55	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
56	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
57	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
58	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
59	+1	+1	0	0	0	2	0.40	ปรับปรุง*
60	+1	+1	0	0	0	2	0.40	ปรับปรุง*

ตาราง 26 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
61	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
62	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
63	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
64	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
65	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
66	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
67	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
68	+1	0	+1	+1	0	3	0.60	ผ่าน
69	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
70	+1	-1	+1	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
71	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.60	ผ่าน
72	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
73	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
74	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
75	+1	+1	+1	-1	+1	3	0.60	ผ่าน
76	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
77	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
78	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
79	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
80	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
81	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
82	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
83	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
84	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
85	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
86	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
87	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
88	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
89	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
90	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 26 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
91	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
92	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
93	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
94	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	ผ่าน
95	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
96	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
97	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
98	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
99	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	ผ่าน
100	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

สรุปข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์จากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

* คือ ข้อสอบที่ต้องปรับปรุง ได้แก่ ข้อ 3, 4, 5, 8, 9, 29, 30, 33, 49, 59, 60, ปรับจากพฤติกรรมที่ต้องการวัดดังนี้ ความเข้าใจ ความเข้าใจ กระบวนการฯ กระบวนการฯ กระบวนการฯ กระบวนการฯ กระบวนการฯ การนำไปใช้ การนำไปใช้ กระบวนการฯ กระบวนการฯ เป็นพฤติกรรมที่แก้ไขดังนี้ ความรู้-ความจำ ความรู้-ความจำ ความจำ ความเข้าใจ ความเข้าใจ ความเข้าใจ ความเข้าใจ ความรู้-ความจำ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ ความเข้าใจ ความเข้าใจ ตามลำดับ

สรุปค่า IOC เฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เท่ากับ 0.81

ตาราง 27 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะ
ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์								
<u>ส่วนที่ 1</u>								
1. ด้านการวางแผนการทดลอง								
ประเด็นการประเมิน								
- มีการปรึกษาหารือ(กับผู้ที่เกี่ยวข้อง)เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
2. ด้านการปฏิบัติการทดลองแยกเป็น								
2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง								
ประเด็นการประเมิน								
- ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- อ่านค่าและตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง								
ประเด็นการประเมิน								
- ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง	+1	+1	+1	0	0	3	0.60	ผ่าน
- ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

ตาราง 27 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ								
ประเด็นการประเมิน								
- จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 2</u>								
3. ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง								
ประเด็นการประเมิน								
- จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- สมมติฐาน	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- ผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
- สรุปผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
- คำถามท้ายบทปฏิบัติการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

สรุป ค่า IOC เฉลี่ยของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 0.88

ตาราง 28 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อบทบาทการ
วิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ							
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
5	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
6	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
8	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
9	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
10	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
14	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.60	ผ่าน
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
19	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
21	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
22	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน
24	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
25	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
26	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
27	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
28	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
29	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	ผ่าน
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ผ่าน

สรุป ค่า IOC เฉลี่ยของแบบวัดเจตคติต่อบทบาทการวิทยาศาสตร์เท่ากับ 0.89

ภาคผนวก ง

1. ตารางแสดงค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความเชื่อมั่น
ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
2. ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
3. ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน

ตาราง 29 แสดงค่าความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
1	5	9	0.23	-0.13	-
2*	22	10	0.52	0.39	✓
3	11	6	0.27	0.16	-
4	16	11	0.44	0.16	-
5	19	11	0.48	0.26	-
6	16	12	0.45	0.13	-
7	21	14	0.56	0.23	-
8	14	17	0.50	-0.10	-
9	22	19	0.66	0.10	-
10	10	8	0.29	0.06	-
11	16	10	0.42	0.19	-
12	16	9	0.40	0.23	-
13*	21	9	0.48	0.39	✓
14*	19	6	0.40	0.42	✓
15*	20	11	0.50	0.29	✓
16*	18	9	0.44	0.29	✓
17	13	14	0.44	-0.03	-
18	28	24	0.84	0.13	-
19*	26	9	0.56	0.55	✓
20*	30	17	0.76	0.42	✓
21*	31	15	0.74	0.52	✓
22	3	14	0.27	-0.35	-
23	15	12	0.44	0.10	-
24	14	5	0.31	0.29	-
25*	15	6	0.34	0.29	✓
26*	15	4	0.31	0.35	✓
27*	30	20	0.81	0.32	✓
28	31	24	0.89	0.23	-
29	24	19	0.69	0.16	-
30	25	20	0.73	0.16	-

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
31*	27	16	0.69	0.35	✓
32	8	10	0.29	-0.06	-
33	25	19	0.71	0.19	-
34	17	12	0.47	0.16	-
35	25	17	0.68	0.26	-
36	16	16	0.52	0.00	-
37*	20	5	0.40	0.48	✓
38*	21	9	0.48	0.39	✓
39*	20	10	0.48	0.32	✓
40*	28	7	0.56	0.68	✓
41*	26	7	0.53	0.61	✓
42*	20	9	0.47	0.35	-
43	14	12	0.42	0.06	-
44*	27	15	0.68	0.39	✓
45*	26	6	0.52	0.65	✓
46	3	2	0.08	0.03	-
47	12	5	0.27	0.23	-
48*	21	8	0.47	0.42	✓
49*	19	8	0.44	0.35	✓
50	13	8	0.34	0.16	-
51	9	8	0.27	0.03	-
52	16	8	0.39	0.26	-
53	8	7	0.24	0.03	-
54	15	8	0.37	0.23	-
55	3	4	0.11	-0.03	-
56*	17	5	0.35	0.39	✓
57	15	9	0.39	0.19	-
58	14	7	0.34	0.23	-
59	2	5	0.11	-0.10	-
60	12	14	0.42	-0.06	-

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
61	8	11	0.31	-0.10	-
62*	22	3	0.40	0.61	✓
63	16	8	0.39	0.26	-
64*	25	11	0.58	0.45	✓
65*	22	8	0.48	0.45	✓
66*	30	11	0.66	0.61	-
67	13	6	0.31	0.23	-
68	19	11	0.48	0.26	-
69	12	4	0.26	0.26	-
70	17	9	0.42	0.26	-
71*	20	3	0.37	0.55	✓
72	11	4	0.24	0.23	-
73	4	9	0.21	-0.16	-
74	5	9	0.23	-0.13	-
75*	22	9	0.50	0.42	✓
76*	19	9	0.45	0.32	✓
77	12	7	0.31	0.16	-
78	10	7	0.27	0.10	-
79	11	5	0.26	0.19	-
80*	21	12	0.53	0.29	✓
81	12	10	0.35	0.06	-
82*	25	5	0.48	0.65	✓
83	25	6	0.50	0.61	-
84	25	7	0.52	0.58	-
85	25	13	0.61	0.39	✓
86*	25	9	0.55	0.52	-
87	25	11	0.58	0.45	-
88	25	3	0.45	0.71	-
89*	25	8	0.53	0.55	✓
90*	25	19	0.71	0.19	✓
91	9	6	0.24	0.10	-

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
92*	14	5	0.31	0.29	✓
93*	23	7	0.48	0.52	✓
94*	30	17	0.76	0.42	✓
95	23	16	0.63	0.23	-
96*	17	8	0.40	0.29	✓
97	24	19	0.69	0.16	-
98*	21	9	0.48	0.39	✓
99	10	11	0.34	-0.03	-
100	14	10	0.39	0.13	-

หมายเหตุ

* หมายถึงแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย(p) และค่าอำนาจจำแนก(r) โดยได้คัดเลือกไว้จำนวน 40 ข้อ แล้วนำไปคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ดังนี้

ผลรวมของความแปรปรวนข้อย่อย($p \times q$) = 9.12

ความแปรปรวน(คะแนนรวม) $115(63981) - (2424)^2 / 115(115-1) = 113.05$

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ $40/40-1(1-9.12/113.05) = 0.95$

ตาราง 30 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทรูปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

บทรูปปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
1.1	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ บทรูปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของ เนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา ที่กำหนด	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	รวม	35	28	34	35	34	4.74	11.9	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทรูปปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทรูปปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ ทำการทดลอง	5	3	5	5	5	4.60	0.80	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม ในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
1.1	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	65	51	62	65	64	4.72	23.7	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.2คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.3จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.4ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	3.2.5ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.6ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	30	34	34	4.60	11.6	ดีมาก

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
1.2	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของ เนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา ที่กำหนด	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	34	31	35	4.66	11.7	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	4	4	5	4.40	0.49	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	3	5	5	5	4.60	0.80	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	3	5	5	5	4.60	0.80	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ ทำการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	3	5	5	5	4.60	0.80	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	3	5	5	5	4.60	0.80	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม ในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
1.2	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	60	44	58	57	59	4.28	21.8	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.3 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.4 ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.5 ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	3.2.6 ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	33	34	34	4.69	11.7	ดีมาก

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
2.1	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของ เนื้อหาในใบความรู้	5	3	5	5	5	4.60	0.80	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา ที่กำหนด	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	รวม	35	27	35	31	35	4.66	11.8	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ ทำการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม ในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
2.1	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	60	48	59	58	60	4.38	22	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.3 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.4 ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.5 ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.6 ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	32	35	35	4.71	11.9	ดีมาก

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
2.2	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของ เนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา ที่กำหนด	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	35	28	35	35	35	4.80	12.1	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ ทำการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม ในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
2.2	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	60	48	60	60	60	4.43	22.2	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.3 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.4 ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	3.2.5 ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.6 ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	32	35	33	4.66	11.7	ดีมาก

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
3.1	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของ เนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา ที่กำหนด	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	35	28	34	33	35	4.71	11.8	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ ทำการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม ในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
3.1	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	60	48	60	60	60	4.43	22.2	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.2คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.3จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.4ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.5ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.6ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	32	35	35	4.71	11.9	ดีมาก

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
3.2	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของ เนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลา ที่กำหนด	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	35	28	35	35	35	4.80	12.1	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ ทำการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วม ในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
3.2	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	60	48	60	60	60	4.43	22.2	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.2คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.3จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	4	4.40	0.49	
	3.2.4ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.5ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.6ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	32	35	34	4.69	11.8	ดีมาก

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
4.1	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ								
	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	35	28	34	35	35	4.77	12	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
4.1	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	60	48	60	57	60	4.38	22	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.2คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.3จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.4ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.5ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวง หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.6ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	32	35	35	4.71	11.9	ดีมาก

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
4.2	ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ								
	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	4	4	4.40	0.49	
	รวม	35	28	35	34	33	4.71	11.8	ดีมาก
	ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
	2.1 หลักการ								
	2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	5	4	4.60	0.49	
	2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
	2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
	2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.49	
	2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4 วิธีการทดลอง								
	2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	4	4	4.40	0.49	
	2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	

ตาราง 30 (ต่อ)

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D.	ระดับการประเมิน
		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
4.2	2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	รวม	60	48	60	58	58	4.37	21.9	ดีมาก
	ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการ ทดลองเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์								
	3.2.1คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.2คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.3จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.4ความสั้นยาวของคำถาม เหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.40	
	3.2.5ส่งเสริมกระบวนการแสวงหา หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	3.2.6ส่งเสริมการนำความรู้และ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	
	รวม	35	28	32	35	35	4.71	11.9	ดีมาก

ตาราง 31 สรุปผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มย่อย 15 คน

เรื่องที่	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน			$\bar{X}$	S.D.	ระดับการ ประเมิน
		ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3			
		ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	เอกสารรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์			
1	1.1	4.35	4.50	4.57	4.47	0.11	ดีมาก
	1.2	4.33	4.57	4.44	4.45	0.12	ดีมาก
2	2.1	4.43	4.53	4.63	4.53	0.10	ดีมาก
	2.2	4.53	4.53	4.43	4.50	0.06	ดีมาก
3	3.1	4.44	4.53	4.48	4.48	0.05	ดีมาก
	3.2	4.49	4.51	4.54	4.51	0.03	ดีมาก
4	4.1	4.48	4.54	4.49	4.50	0.03	ดีมาก
	4.2	4.48	4.56	4.48	4.51	0.05	ดีมาก
รวม		4.44	4.53	4.51	4.49	0.04	ดีมาก

ภาคผนวก จ

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

**แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวนข้อสอบ 40 ข้อ เวลา 60 นาที**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือกจำนวน 40 ข้อ ใช้เวลาทำ 60 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ครบถ้วนชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย × ลงในช่อง
ตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนข้อความใดๆลงในแบบทดสอบ
5. ให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบแก่กรรมการคุมสอบเมื่อเสร็จสิ้นการสอบ
6. หากมีข้อสงสัยใดๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

- จุดประสงค์ที่ 1 ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับธาตุและสารประกอบพร้อมบอกประโยชน์ได้
- จุดประสงค์ที่ 2 ทดลองและอธิบายหลักการแยกสลายสารด้วยไฟฟ้าพร้อมทั้งบอกสมบัติของสารละลาย
ที่สามารถนำไฟฟ้าได้
- จุดประสงค์ที่ 3 ยกตัวอย่างและบอกชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารในชีวิตประจำวันได้
- จุดประสงค์ที่ 4 ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนสถานะของสารพร้อมนำหลักการไปใช้ประโยชน์ได้
- จุดประสงค์ที่ 5 ทดลองและอธิบายปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการละลายของสารได้
- จุดประสงค์ที่ 6 อธิบายและบอกองค์ประกอบของสารละลายในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้
- จุดประสงค์ที่ 7 ทดลองและอธิบายหลักการ รวมทั้งขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารได้
- จุดประสงค์ที่ 8 บอกประโยชน์และโทษรวมทั้งวิธีป้องกันอย่างง่ายเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
- จุดประสงค์ที่ 9 ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน และผลต่อสิ่งแวดล้อมได้
- จุดประสงค์ที่ 10 อธิบายและยกตัวอย่างการใช้สารเคมีในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ และผลต่อสิ่งแวดล้อม
รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันแก้ไขได้

1. สารที่มีอะตอมทั้งหมดเป็นชนิดเดียวกัน เรียกว่าอะไร ?
 - ก. โมเลกุลของธาตุ
 - ข. โมเลกุลของสารประกอบ
 - ค. นิวเคลียส
 - ง. โปรตอน
2. จากการทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้าปริมาณก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร ?
 - ก. ไฮโดรเจนเท่ากับออกซิเจน
 - ข. ไฮโดรเจนมากกว่าออกซิเจนเป็น 2 เท่า
 - ค. ไฮโดรเจนน้อยกว่าออกซิเจน
 - ง. ไฮโดรเจนน้อยกว่าออกซิเจนเป็น 2 เท่า
3. จากคำตอบข้อที่ 2 เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ?
 - ก. เพราะ จำนวนอะตอมของออกซิเจนมากกว่าไฮโดรเจน
 - ข. เพราะ จำนวนอะตอมของออกซิเจนเท่ากับไฮโดรเจน
 - ค. เพราะ จำนวนอะตอมของออกซิเจนน้อยกว่าไฮโดรเจน
 - ง. เพราะ ไฮโดรเจนเป็นก๊าซที่เบากว่าออกซิเจน
4. อัตราส่วนปริมาณก๊าซไฮโดรเจนต่อออกซิเจนที่เกิดขึ้นคิดเป็นอัตราส่วนเท่าใด ?
 - ก. 1 : 2
 - ข. 2 : 1
 - ค. 1 : 4
 - ง. 4 : 1
5. ข้อใดเป็นสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ?
 - ก. มีไอออนอิสระเป็นสื่อไฟฟ้าในสารละลาย
 - ข. มีทั้งสถานะของแข็งและของเหลว
 - ค. มีสมบัติเป็นกรดเท่านั้น
 - ง. มีสมบัติเป็นเบสเท่านั้น

จากข้อมูลในตารางตอบคำถาม ข้อ 6 -7

ชนิดของสารละลาย	ผลการทดลอง	
	ปริมาณกระแสไฟฟ้า(แอมแปร์)	ความสว่างของหลอดไฟ
น้ำขี้เถ้า	3	สว่าง
น้ำส้มคั้น	2	สว่าง
น้ำเชื่อม	0	ไม่สว่าง

6. จากผลการทดลองแสดงข้อมูลดังนี้
 1. น้ำขี้เถ้า น้ำส้มคั้น จัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์
 2. น้ำเชื่อมไม่จัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์
 3. น้ำขี้เถ้าจัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์
 4. น้ำเชื่อมจัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่
 ข้อใดถูกต้องที่สุด ?
 - ก. 1 และ 4
 - ข. 1, 2, 3, และ 4
 - ค. 1, 2 และ 3
 - ง. 2 และ 3

7. ถ้าใช้สารทั้ง 3 ชนิดแยกสลายด้วยไฟฟ้านักเรียนคิดว่าสารชนิดใดจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วที่สุด เพราะเหตุใด ?
- น้ำเชื่อม เพราะมีปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านได้น้อยที่สุด
 - น้ำส้มคั้น เพราะมีปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านได้น้อยกว่าน้ำซี้เก้
 - ไม่สามารถแยกสลายด้วยไฟฟ้าเพราะสารทั้ง 3 ชนิดไม่นำไฟฟ้า
 - น้ำซี้เก้ เพราะมีปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านได้มากที่สุด เกิดปฏิกิริยาได้เร็ว
8. น้ำตาลทรายหรือซูโครส มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{12}H_{22}O_{11}$ อยากทราบว่า มีธาตุที่เป็นองค์ประกอบกี่ธาตุ และ ทั้งหมดกี่อะตอม ?
- 3 ธาตุ 45 อะตอม
 - 3 ธาตุ 22 อะตอม
 - 2 ธาตุ 12 อะตอม
 - 2 ธาตุ 24 อะตอม
9. ถ้าต้องการทดสอบคุณสมบัติในการฟอกจางสีของก๊าซคลอรีน ควรใช้วิธีการใดที่สะดวกและประหยัดที่สุด ?
- ผ้าฝ้ายชุบน้ำ
 - กลีบบดกัญชัน
 - กระดาษลิตมัสแห้ง
 - กระดาษสี
10. ถ้านักเรียนต้องการผลิตสบู่ควรใช้สารในข้อใด ?
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ + น้ำมันพืช
 - โซเดียมคลอไรด์ + น้ำมันหมู
 - กรดไฮโดรคลอริก + โซเดียมคลอไรด์
 - กรดซัลฟิวริก + น้ำมันพืช
11. การที่ของแข็งได้รับความร้อนจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวเรียกว่าอะไร ?
- การกลายเป็นไอ
 - การหลอมเหลว
 - การแข็งตัว
 - การควบแน่น
12. ข้อใดเป็นขั้นตอนของการหล่อโลหะให้เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ชนิดต่างๆ ?
- ให้ความร้อน แข็งตัว ทำให้เย็น แข็งตัว
 - หลอมเหลว ให้ความร้อน แข็งตัว ทำให้เย็น
 - หลอมเหลว ให้ความเย็น แข็งตัว ให้ความร้อน
 - ให้ความร้อน หลอมเหลว ให้ความเย็น แข็งตัว
13. ข้อใดถูกต้องถ้ากำหนดให้
- สารชนิดเดียวกันละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกันได้เท่ากัน
 - สารต่างชนิดกันละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกันได้ต่างกัน
 - การละลายของสารขึ้นอยู่กับชนิดของตัวถูกละลายและตัวทำละลาย
- ข้อ 1 และ 2
 - ข้อ 1 และ 3
 - ข้อ 1, 2 และ 3
 - ข้อ 2 และ 3

คำชี้แจง จากการตรวจสอบสีแดงที่ซื้อจากสถานที่ต่างกันว่าเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่
ได้ผลดังนี้ (ตอบคำถามข้อ 31)

สีแดง ที่ซื้อจากร้านหนึ่ง มีองค์ประกอบของสีส้ม สีเหลือง และ สีแดง
สีแดง ที่ซื้อจากร้านสอง มีองค์ประกอบของสีแดงเพียงอย่างเดียว

31. ถ้าให้นักเรียนเลือกใช้สีดังกล่าว ควรเลือกสีแดงจากร้านใด เพราะเหตุใด ?

- ก. ร้านสอง เพราะ สีน้าเป็นที่เชื่อถือได้
- ข. ร้านหนึ่ง เพราะ ซื้อครั้งเดียวได้หลายสี
- ค. ร้านสอง เพราะ มีองค์ประกอบเพียงสีเดียวมีอันตรายน้อย
- ง. ร้านหนึ่ง เพราะ มีองค์ประกอบหลายสีใช้ประโยชน์ได้มากกว่า

32. ข้อใดเป็นขั้นตอนในการใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ทดสอบ pH ของดิน ?

- 1. ใช้แท่งแก้วคนสารคนให้เข้ากันวางทิ้งไว้สักครู่
- 2. นำดินที่ต้องการทดสอบใส่บีกเกอร์ประมาณ 1/4 ส่วน
- 3. เติมน้ำกลั่นจนท่วมดินหรือประมาณ 3/4 ส่วนของบีกเกอร์
- 4. เทียบสีของกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์กับแถบสีข้างกล่อง
- 5. ใช้แท่งแก้วคนสารแต่ละของเหลวในบีกเกอร์แล้วแต่ละลงบนกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์

ก. 2, 3, 1, 5 และ 4

ค. 2, 4, 5, 3 และ 1

ข. 2, 1, 3, 4 และ 5

ง. 2, 5, 4, 1 และ 3

คำชี้แจง จากข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถาม ข้อ 33

บริเวณที่มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาก เมื่อมีฝนตกเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซและน้ำ
ได้สารที่มีสถานะเป็นของเหลว

33. ของเหลวที่มีสมบัติดังกล่าวจะมีผลกระทบกับพืชบริเวณนั้นอย่างไร ?

- ก. พืชบริเวณนั้นเจริญเติบโตได้ดี
- ค. พืชมีใบเหี่ยวและไหม้
- ข. พืชมีลำต้นสูงกว่าปกติ
- ง. ไม่ส่งผลใดๆเลย

34. ถ้ากำหนดให้ 1 = อ่านรายละเอียดของวิธีใช้อย่างถูกต้อง

2 = ศึกษาถึงพืชและรายละเอียดของสาร

3 = ใช้ในปริมาณที่ใบกำกับการใช้สารนั้นระบุไว้

หลักการใช้สารที่ถูกต้องควรเป็นข้อใด ?

ก. ข้อ 1 และ 2

ค. ข้อ 2 และ 3

ข. ข้อ 1 และ 3

ง. ข้อ 1, 2 และ 3

35. ถ้าต้องการทำขนมชั้นให้มีสีเขียวยและสีม่วงสลักกัน ควรเลือกใช้สีจากสิ่งใดจึงจะเหมาะสมที่สุด ?

- ก. ใบเตย, สีส้มอาหารสีม่วง
- ค. ใบเตย, ดอกอัญชัน
- ข. ดอกอัญชัน, สีส้มอาหารสีเขียว
- ง. สีส้มอาหารสีเขียวและสีม่วง

36. องค์ประกอบสำคัญของสารที่ใช้ในการปรับสภาพดินกรด คือข้อใด ?

- ก. แคลเซียมคาร์บอเนต
- ค. แอมโมเนียมไนเตรต
- ข. คอปเปอร์ซัลเฟต
- ง. แคลเซียมฟอสเฟต

37. ปูนขาวที่ใช้ในการทำน้ำประปามีประโยชน์อย่างไร ?

- ก. ฆ่าเชื้อโรค
- ค. ลดความเป็นกรด

การประเมินผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

ก. การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และ ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง โดยแยกการประเมินเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยด้านการวางแผนการทดลอง และด้านปฏิบัติการทดลอง โดยมีพฤติกรรมที่ต้องประเมินดังต่อไปนี้

ด้านการวางแผนการทดลอง ประเด็นการประเมินประกอบด้วย

- 1) มีการปรึกษาหารือ(กับผู้ที่เกี่ยวข้อง)เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน
- 4) มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม

ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น

2.1 เทคนิคการทดลอง ประเด็นการประเมินประกอบด้วย

- 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
- 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง
- 3) อ่านค่าและตรวจวัดได้อย่างถูกต้อง
- 4) ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นการประเมินประกอบด้วยดังนี้

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว
- 2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์
- 3) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง
- 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นการประเมินประกอบด้วย

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย

ข. เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน	5 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	4 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก
ระดับคะแนน	4 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	3 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ดี
ระดับคะแนน	3 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	2 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง
ระดับคะแนน	2 หมายถึงมีพฤติกรรมแสดงออก	1 ประเด็น มีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้
ระดับคะแนน	1 หมายถึงไม่มีพฤติกรรมแสดงออก	มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

ค. การบันทึกผลการประเมิน

1. ผู้ประเมินประกอบด้วยตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินกลุ่มตนเอง และครูผู้สอนประเมินแต่ละกลุ่ม

2. สรุปคะแนนโดยนำคะแนนจากผู้ประเมินทั้งสองส่วนมาหาค่าเฉลี่ย
3. ให้ผู้ประเมินให้คะแนนตามสภาพความเป็นจริง
4. บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกใน เอกสาร 1

ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง

ก. การประเมินด้านการจัดทำรายงานผลการทดลองโดยมีองค์ประกอบของรายงาน ดังนี้

1. จุดประสงค์การทดลอง
2. สมมติฐานการทดลอง
3. ผลการทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง
5. การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

ข. เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- ระดับคะแนน 5 หมายถึงเขียนถูกต้อง 4-5 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก
- ระดับคะแนน 4 หมายถึงเขียนถูกต้อง 3 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ดี
- ระดับคะแนน 3 หมายถึงเขียนถูกต้อง 2 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง
- ระดับคะแนน 2 หมายถึงเขียนถูกต้อง 1 องค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้
- ระดับคะแนน 1 หมายถึงเขียนไม่ถูกต้องทุกองค์ประกอบ มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

ค. การบันทึกผลการประเมิน

1. ทำการประเมินโดยครูผู้สอนเป็นรายบุคคล
2. เมื่อนักเรียน เรียบบทปฏิบัติการเสร็จสิ้นทุกบทปฏิบัติการจะนำคะแนนรวมกับการประเมินในส่วนที่ 1
3. บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกใน เอกสาร 2

แบบบันทึกผลการประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....กลุ่มที่.....

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย 3 ลงในช่องการแสดงออกที่ตรงกับพฤติกรรมที่ประเมิน และรวมคะแนนในแต่ละด้านลงในช่องรวม

พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
ด้านการวางแผนการทดลอง ประกอบด้วย 1. มีการปรึกษาหารือ(กับผู้ที่เกี่ยวข้อง)เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง 2. มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม 3. มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน 4. มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม			
รวม			
ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น 2.1 เทคนิคการทดลอง ประกอบด้วย 1. ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน 2. ใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง 3. อ่านค่าและตรวจวัดได้อย่างถูกต้อง 4. ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย			
รวม			

พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประกอบด้วย			
1. ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว			
.....			
2. ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์			
.....			
3. มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง			
.....			
4. ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด			
.....			
รวม			
2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประกอบด้วย			
1. จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ			
.....			
2. จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง			
.....			
3. จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี			
.....			
4. ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดเรียบร้อย			
.....			
รวม			

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....(ผู้สังเกตและบันทึก)

เอกสาร 1

แบบบันทึกการประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่..... ชั้น.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	พฤติกรรม																				หมายเหตุ
	การวางแผน การทดลอง					การปฏิบัติการทดลอง															
						เทคนิคการ ทดลอง					ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง					ความสะอาดและ ความเป็นระเบียบ					
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	

บันทึกเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....(ผู้สังเกตและบันทึก)

เอกสาร 2

แบบบันทึกการประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่..... เรื่อง.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

เลขที่	รายการประเมิน																		ระดับคะแนน			
	จุดประสงค์		สมมติฐาน				ผลการทดลอง				สรุปผลการทดลอง				ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						รวมองค์ประกอบ	
	ตอนที่		ตอนที่				ตอนที่				ตอนที่				ตอนที่						ตอนที่	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง				
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						

บันทึกเพิ่มเติม.....

ลงชื่อ.....(ผู้ประเมิน)

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร

คำชี้แจง การตอบแบบวัดเจตคติ

1. แบบวัดเจตคติฉบับนี้เกี่ยวข้องกับความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วย
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ความเห็นดังกล่าวของนักเรียนเป็นความเห็นเฉพาะ
บุคคลไม่มีถูกหรือผิด ฉะนั้นขอให้ตอบตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุดและครบทุกข้อ
(ความเห็นของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนผลการเรียนและผลเสียใดๆ ต่อนักเรียน)

2. ในแต่ละข้อจะมีข้อความกำหนดให้ ขอให้นักเรียนอ่านข้อความให้เข้าใจแล้วแสดงความคิดเห็นที่มี
ต่อข้อความนั้นด้วยการกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามลำดับความเห็น ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ มากที่สุด

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ มาก

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ น้อย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า มีความเห็นด้วยอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
0		✓				

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร

คำชี้แจง

เมื่อนักเรียน เรียบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร นักเรียนมีความ
คิดเห็นอย่างไรต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (แสดงความคิดเห็นข้อความละ 1 ช่องเท่านั้น)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
	การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองเกิดการเรียนรู้ดีกว่าครูสาธิต					
2.	การทำกิจกรรมการทดลองทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาความจริง					
3.	เกิดการฝึกทักษะปฏิบัติ ช่วยให้คล่องตัวในการทดลอง					
4.	สร้างนิสัยรักการค้นคว้า ทดลอง ตรวจสอบความจริง					
5.	ทำให้มีการใช้เครื่องมือ อย่างระมัดระวังและละเอียดรอบคอบ					
6.	การให้นักเรียนอภิปรายผลหรือสรุปผลการทดลองทำให้เกิดความสับสน ลำบากและเสียเวลา					
7.	การปฏิบัติการทดลองเป็นเรื่องเสียเวลาโดยใช้เหตุ					
8.	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมการเรียนรู้ไม่น่าสนใจ					
9.	รู้สึกสนุกสนานและเพลิดเพลินกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ					
10.	บทปฏิบัติการแต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ					
11.	ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้ ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
	กิจกรรมการทดลองเป็นเรื่องง่ายสำหรับที่จะทำความเข้าใจ					
12.	รู้สึกอยากเรียนและกระตือรือร้นที่จะเรียนด้วยกิจกรรมการทดลอง					
13.	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์					
14.	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถของตนเอง					
15.	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยฝึกการทำงานร่วมกัน					
16.	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการซ้ำซากน่าเบื่อ					
17.	การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทำให้เข้าใจเนื้อหามากขึ้น					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
18.	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นการให้ประสบการณ์ตรงกับนักเรียน					
19.	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเป็นเรื่องน่าเบื่อ					
20.	การสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ทำให้มีอิสระในการคิดและเรียนรู้					
	<u>ด้านที่ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์</u>					
21.	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน					
22.	สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนระดับสูงขึ้นไปได้					
23.	สามารถนำวิธีการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการไปใช้กับการเรียนในวิชาอื่นได้					
24.	นำแนวคิดและหลักการจากการทดลองไปคิดสร้างโครงงานวิทยาศาสตร์ได้					
25.	ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องที่ทดลองด้วยตนเองได้มากขึ้น					
26.	ความรู้ที่ได้จากการทดลองไม่เกี่ยวกับการเรียนการสอนในเรื่องที่อยากเรียน					
27.	นำความรู้ที่ได้ไปแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้					
28.	การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่ทำให้เกิดความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้					
29.	อยากนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปเผยแพร่ให้กับผู้อื่น					
30.	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมในการเรียนการสอน					

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ

1. ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน
2. ตารางแสดงคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน
3. ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน
4. ตารางแสดงคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน
5. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
6. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และ
ค่าความเชื่อมั่น
7. ตารางแสดงคะแนนเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
และค่าความเชื่อมั่น

ตาราง 32 แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน

คนที่	คะแนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องที่				รวม คะแนน(40)	ร้อยละ ของคะแนน
	1(10)	2(10)	3(10)	4(10)		
1	7.5	7.0	9.0	8.0	31.50	78.75
2	9.0	8.0	7.0	7.0	31.00	77.50
3	7.0	7.0	7.0	7.0	28.00	70.00
4	7.5	5.5	7.0	7.0	27.00	67.50
5	9.0	7.5	8.0	6.5	31.00	77.50
6	8.0	9.0	8.5	8.0	33.50	83.75
7	9.5	7.0	8.5	6.0	31.00	77.50
8	8.0	9.0	7.5	5.5	30.00	75.00
9	7.0	7.0	7.5	8.0	29.50	73.75
รวม	72.5	67.0	70.0	63.0	272.5	$E_1 = 75.69$
ค่าเฉลี่ย	8.06	7.44	7.78	7.00	30.28	
ร้อยละ	80.56	74.44	77.78	70.00	75.69	

ตาราง 33 แสดงคะแนนการทำแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน

คนที่	คะแนน(40)	ร้อยละของคะแนน
1	35	87.50
2	28	70.00
3	31	77.50
4	27	67.50
5	32	80.00
6	32	80.00
7	27	67.50
8	33	82.50
9	32	80.00
รวม	277	
คะแนนเฉลี่ย	30.78	$E_2 = 76.94$
ร้อยละ	76.94	

ตาราง 34 แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน

คนที่	คะแนนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องที่				รวม คะแนน(40)	ร้อยละ ของคะแนน
	1(10)	2(10)	3(10)	4(10)		
1	7.0	7.0	9.0	7.5	30.5	76.25
2	7.0	9.0	8.0	9.5	33.5	83.75
3	8.0	7.0	9.0	8.0	32.0	80.00
4	7.5	8.0	8.0	8.0	31.5	78.75
5	7.0	7.5	8.0	9.0	31.5	78.75
6	8.5	7.0	8.0	7.0	30.5	76.25
7	7.0	7.0	7.0	7.5	28.5	71.25
8	7.5	7.5	8.5	7.5	31.0	77.50
9	7.0	7.0	8.5	7.5	30.0	75.00
10	7.5	8.0	8.0	8.0	31.5	78.75
11	7.0	9.0	8.0	7.5	31.5	78.75
12	9.0	8.0	8.0	9.0	34.0	85.00
13	7.5	7.5	8.0	8.0	31.0	77.50
14	7.5	7.0	8.0	7.5	30.0	75.00
15	7.0	8.0	7.5	7.0	29.5	73.75
รวม	112.0	114.5	121.5	118.5	466.5	
ค่าเฉลี่ย	7.47	7.63	8.10	7.90	31.10	$E_1 = 77.75$
ร้อยละ	74.67	76.33	81.00	79.00	77.75	

ตาราง 35 แสดงคะแนนผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน

คนที่	คะแนน(40)	ร้อยละของคะแนน
1	35	87.50
2	31	77.50
3	35	87.50
4	31	77.50
5	34	85.00
6	28	70.00
7	29	72.50
8	35	87.50
9	31	77.50
10	29	72.50
11	37	92.50
12	28	70.00
13	33	82.50
14	29	72.50
15	31	77.50
รวม	476	
คะแนนเฉลี่ย	31.73	$E_2 = 79.33$
ร้อยละ	79.33	

ตาราง 36 แสดงคะแนนผลการเรียนรู่วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียน คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้			
	ก่อนเรียน(40)	หลังเรียน(40)	ผลต่าง(D)	ผลต่างกำลังสอง(D ²)
1	25	30	5	25
2	14	32	18	324
3	22	34	12	144
4	28	37	9	81
5	27	32	5	25
6	26	29	3	9
7	20	27	7	49
8	27	36	9	81
9	26	34	8	64
10	26	34	8	64
11	27	34	7	49
12	31	39	8	64
13	31	36	5	25
14	22	29	7	49
15	21	28	7	49
16	29	32	3	9
17	21	24	3	9
18	24	31	7	49
19	24	29	5	25
20	28	34	6	36
21	28	34	6	36
22	22	31	9	81
23	27	35	8	64
24	22	29	7	49
25	26	34	8	64
26	24	32	8	64
27	21	28	7	49
28	29	31	2	4
29	22	30	8	64
30	24	32	8	64
รวม	744	957		
ค่าเฉลี่ย	24.80	31.90	$\sum D = 213$	$\sum D^2 = 1769$
ร้อยละ	62.00	79.75		
			t = 13.09	
			t (.05 : df 29) = 1.699	

ตาราง 37 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการที่ ด้านที่ นร.	1.1					1.2					2.1					2.2				
	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2.1	2.2	2.3	3
1	5	4.5	3.5	5	4	5	4	4	5	4.5	4.5	4.5	3.5	5	5	5	5	5	5	5
2	4	4.5	4.5	5	4	5	4.5	2.5	5	3.5	2.5	3.5	3	3.5	4	5	5	4.5	5	3.5
3	5	4.5	3.5	5	4	5	4	4	5	4.5	4.5	4.5	3.5	5	5	5	5	4.5	5	5
4	5	5	4.5	4.5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	4.5	5	3.5	5	5	5	5	5
5	4	4.5	4.5	5	4	5	4.5	2.5	5	3	2.5	3.5	3	3.5	5	5	5	4.5	5	3.5
6	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	4.5	5	5	5	4.5	3.5	3	5	5	4.5	4	5	5	5	4.5	4	5	5
8	4	4.5	4	5	5	5	4.5	3	5	5	4.5	5	4	5	5	4.5	4.5	4.5	5	5
9	5	4.5	3.5	5	4	5	4	4	5	5	4.5	4.5	3.5	5	5	5	5	5	5	5
10	4	4.5	4	5	5	5	4.5	3	5	5	4.5	5	4	5	5	4.5	4.5	4.5	5	5
11	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4	4.5	5	5	5	5	5	5	5
12	5	4.5	4.5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.5	4	5	4.5	5	5	5	5	5
13	5	4.5	4.5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.5	4	5	4.5	5	5	5	5	5
14	4	4.5	4.5	5	4.5	5	4.5	2.5	5	4	2.5	3.5	3	3.5	4.5	5	5	4.5	5	3.5
15	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4	4.5	5	5	5	5	5	5	5
16	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5
17	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5
18	4	4.5	4.5	5	4	5	4.5	2.5	5	3	2.5	3.5	3	3.5	4	5	5	4.5	5	3.5
19	5	4.5	3.5	5	3.5	5	4	4	5	4	4.5	4.5	3.5	5	5	5	5	5	5	5
20	4	4.5	4	5	5	5	4.5	3	5	5	4.5	5	4	5	5	4.5	4.5	4.5	5	5
21	5	4.5	4.5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.5	4	5	4.5	5	5	5	5	5
22	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4	4.5	5	5	5	5	5	5	5
23	5	5	3	5	5	5	4.5	3.5	3	5	5	4.5	4	5	5	5	4.5	4	5	5
24	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	3.5	5	4	4.5	5	5	5	5	5	5	5
25	5	5	3	5	5	5	4.5	3.5	3	5	5	4.5	4	5	5	5	4.5	4	5	4.5
26	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5
27	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	3.5	5	4	4.5	5	5	5	5	5	5	5
28	5	5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5
29	4	4.5	4	5	5	5	4.5	3	5	5	4.5	5	4	5	5	4.5	4.5	4.5	5	5
30	4	4.5	4	5	5	5	4.5	3	5	5	4.5	5	4	5	5	4.5	4.5	4.5	5	5
รวม	141	142	126	150	142	150	135	113	144	139	136	132	120	144	145	148	146	142	150	144
ค่าเฉลี่ย	4.7	4.7	4.2	5.0	4.7	5.0	4.5	3.8	4.8	4.6	4.5	4.4	4.0	4.8	4.8	4.9	4.9	4.7	5.0	4.8
S.D.	0.5	0.3	0.5	0.1	0.5	0.0	0.2	0.7	0.6	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.3	0.0	0.5
s^2	0.22	0.06	0.23	0.01	0.22	0.00	0.06	0.55	0.37	0.44	0.70	0.22	0.27	0.27	0.15	0.04	0.05	0.12	0.00	0.27

ตาราง 37 (ต่อ)

3.1	3.2					4.1					4.2					รวม				
1	2.1	2.2	2.3	3	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2.1	2.2	2.3	3	
4.5	4.5	4.5	5	3.5	5	4	4.5	5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	3.5	4.5	2.5	4.5	3.5	117.5
4.5	4	3	5	5	4.5	5	5	5	5	4.5	5	5	4.5	5	5	4.5	3.5	4.5	3	172.5
4.5	4.5	4.5	5	4.5	5	4	4.5	5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	3.5	4.5	2.5	4.5	4	178.5
4.5	4.5	4.5	5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4.5	4.5	5	3	190.5
4.5	4	3	5	4	4.5	5	5	5	3.5	4.5	5	5	4.5	5	5	4.5	3.5	4.5	4	171.5
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	4.5	5	5	5	5	5	4.5	3.5	3.5	5	5	192.5
5	5	4.5	5	4	5	4.5	4	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	3.5	4	3	5	5	183.5
4.5	5	4.5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	5	4.5	4.5	4.5	5	5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	186.0
4.5	4.5	4.5	5	3.5	5	4	4.5	5	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.5	4.5	2.5	4.5	4	178.5
4.5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	4.5	5	4.5	4.5	4.5	5	5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	186.5
5	4.5	4.5	5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	194.5
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4	4.5	5	3.5	191.5
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4	4.5	5	5	193.0
4.5	4	3	5	4	4.5	5	5	5	3.5	4.5	5	5	4.5	4.5	5	4.5	3.5	4.5	3.5	171.5
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	195.0
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	3.5	3.5	5	5	193.0
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	4.5	5	5	5	5	5	4.5	3.5	3.5	5	5	192.5
4.5	4	3	5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	4.5	4.5	5	4.5	3.5	4.5	4	171.5
4.5	4.5	4.5	5	3.5	5	4	4.5	5	4	4.5	4.5	4.5	4.5	5	3.5	4.5	2.5	4.5	2.5	176.0
4.5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	4.5	5	4.5	4.5	4.5	5	5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	186.5
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4	4.5	5	5	193.0
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	4.5	5	5	5	5	5	5	4.5	4.5	5	5	194.5
5	5	4.5	5	5	5	4.5	4	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	3.5	4	3	5	5	183.0
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4.5	5	4.5	193.0
5	5	4.5	5	5	5	4.5	4	4.5	5	5	5	4.5	4.5	5	3.5	4	3	5	5	182.5
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	3.5	3.5	5	5	193.0
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4.5	5	4.5	193.0
5	4.5	4.5	5	5	5	5	5	5	4.5	5	5	5	5	5	4.5	3.5	3.5	5	5	192.5
4.5	5	4.5	4.5	4.5	5	5	5	4.5	5	4.5	4.5	4.5	5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	185.5
4.5	5	4.5	4.5	5	5	5	5	4.5	5	4.5	4.5	4.5	5	5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	186.5
143	137	129	148	140	148	145	145	146	140	144	146	144	145	148	133	127	114	144	134	5579.0
4.8	4.6	4.3	4.9	4.7	4.9	4.8	4.8	4.9	4.7	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.4	4.2	3.8	4.8	4.5	186.0
0.3	0.3	0.5	0.2	0.5	0.2	0.4	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.4	0.8	0.3	0.8	7.93
0.06	0.10	0.27	0.04	0.26	0.03	0.13	0.11	0.05	0.30	0.06	0.05	0.06	0.06	0.03	0.31	0.15	0.56	0.06	0.59	7.52
s_1^2																				62.860

ผลรวมของค่าความแปรปรวนรายข้อเท่ากับ 7.52 และค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมเท่ากับ 62.860

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค
มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .9029

ตาราง 38 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ข้อที่ นร.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	4	5	4	4	4	3	5	4	3	4	4	4	4	4	5
2	3	4	4	5	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	5
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4
4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	3	5
5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5
6	4	5	5	4	5	3	5	5	5	4	5	5	5	4	5
7	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	4	3	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
9	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5
10	3	4	5	5	5	2	3	3	2	3	3	3	4	4	3
11	4	5	5	5	5	4	5	3	5	5	5	5	5	4	5
12	5	5	5	5	5	2	5	5	4	3	5	4	4	5	4
13	4	5	5	5	5	3	5	5	5	2	5	5	5	5	4
14	5	4	4	4	5	5	2	3	3	5	3	4	2	1	3
15	3	5	4	4	4	3	5	5	4	4	4	3	3	5	4
16	3	5	4	4	5	2	5	5	5	3	4	4	5	5	5
17	4	5	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4
18	3	5	4	5	4	3	5	5	4	3	4	4	4	4	5
19	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
20	5	4	5	4	5	2	5	5	5	4	3	4	5	5	5
21	5	5	5	4	5	5	4	4	5	4	3	4	5	1	5
22	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5
23	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5
24	4	4	4	5	5	1	3	5	5	4	4	4	4	5	5
25	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	3	5	5	4	5	3	5	5	5	4	4	5	4	5	5
27	4	5	5	3	5	2	3	1	5	5	4	3	4	4	3
28	4	4	4	4	4	4	5	5	4	3	4	4	4	5	5
29	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5
30	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
รวม	124.0	140.0	138.0	134.0	138.0	109.0	137.0	134.0	132.0	121.0	122.0	127.0	130.0	131.0	139.0
เฉลี่ย	4.13	4.67	4.60	4.47	4.60	3.63	4.57	4.47	4.40	4.03	4.07	4.23	4.33	4.37	4.63
S.D.	0.73	0.55	0.50	0.63	0.50	1.22	0.82	0.97	0.81	0.85	0.78	0.63	0.76	1.07	0.67
s^2_i	0.53	0.30	0.25	0.40	0.25	1.48	0.67	0.95	0.66	0.72	0.62	0.39	0.57	1.14	0.45

ตาราง 38 (ต่อ)

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม
5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	3	4	5	5	5	128
4	5	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	2	4	4	111
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	118
5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	142
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	142
3	4	4	2	4	5	4	4	4	5	1	3	1	3	4	120
5	5	5	5	5	4	5	3	5	5	4	4	5	5	5	143
5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	1	5	2	5	5	134
5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3	5	4	5	139
4	3	3	4	3	4	4	4	4	5	3	4	4	3	4	108
4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	137
5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	138
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	141
3	5	4	1	3	4	4	5	4	5	1	4	3	3	2	104
5	5	3	5	4	4	5	4	4	5	3	4	4	3	4	122
5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5	136
3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	5	3	3	4	4	110
5	4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	4	3	4	5	123
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	148
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	139
5	5	5	4	5	4	5	3	5	4	4	4	4	4	5	130
5	5	4	5	5	5	5	3	4	5	5	5	5	3	5	137
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	142
5	4	4	5	4	3	5	4	4	4	5	4	5	4	4	126
5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	146
5	4	4	5	5	5	5	3	4	4	5	4	5	4	5	134
4	4	3	5	3	5	2	3	5	4	3	5	2	3	4	111
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	122
5	5	5	5	3	5	5	4	5	5	5	5	1	4	5	140
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	144
136.0	139.0	130.0	135.0	131.0	135.0	139.0	125.0	135.0	137.0	114.0	128.0	118.0	122.0	135.0	3915.0
4.53	4.63	4.33	4.50	4.37	4.50	4.63	4.17	4.50	4.57	3.80	4.27	3.93	4.07	4.50	130.50
0.68	0.61	0.71	0.97	0.76	0.63	0.67	0.79	0.57	0.57	1.35	0.69	1.26	0.74	0.73	12.74
0.46	0.38	0.51	0.95	0.59	0.40	0.45	0.63	0.33	0.32	1.82	0.48	1.58	0.55	0.53	19.34
S_t^2															162.26

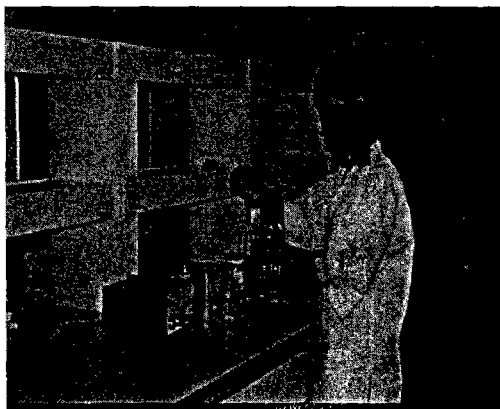
ผลรวมของค่าความแปรปรวนรายข้อ เท่ากับ 19.34 และค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมเท่ากับ 162.26

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .9112

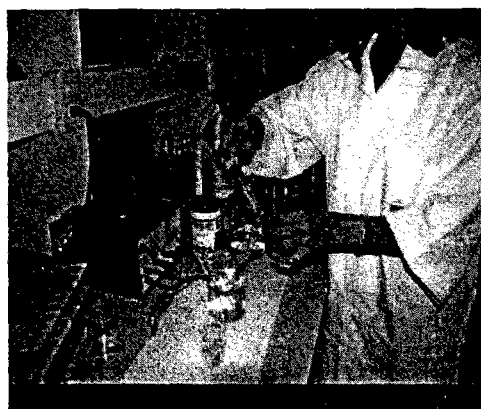
ภาคผนวก ช

ประมวลภาพประกอบการวิจัย

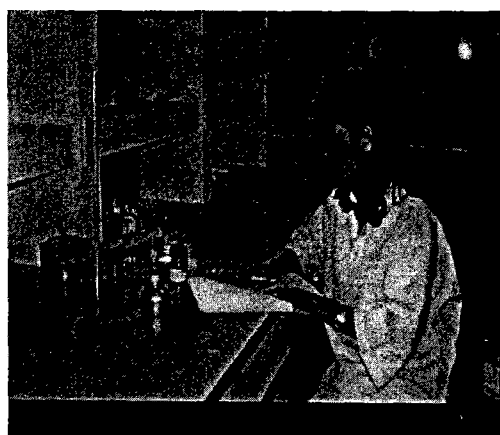
ประมวลภาพประกอบการวิจัย : การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



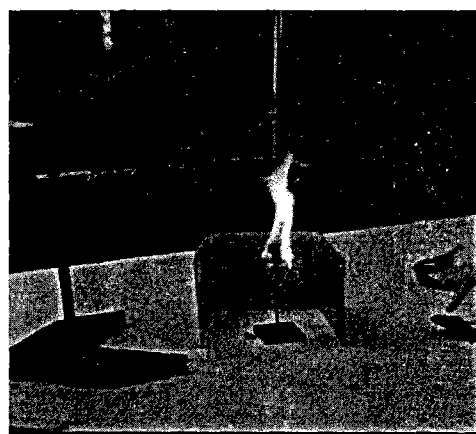
ภาพประกอบ 1 การทดลอง
เรื่อง การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า



ภาพประกอบ 2 การทดลอง
เรื่อง การแยกน้ำเกลือด้วยกระแสไฟฟ้า

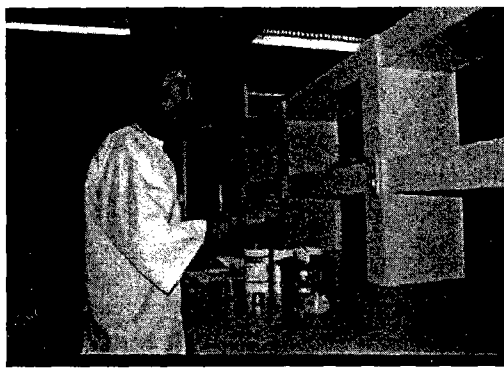


ภาพประกอบ 3 การทดลอง เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร





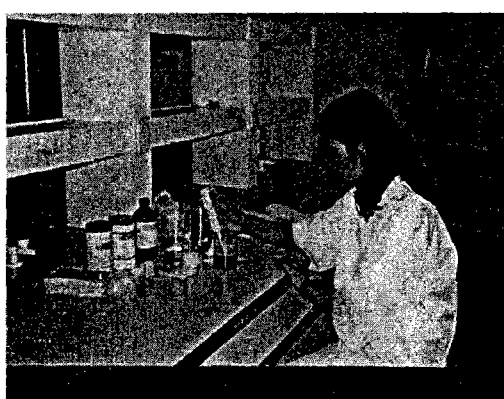
ภาพประกอบ 4 การทดลอง
เรื่อง ละลายเร็ว-ละลายช้า



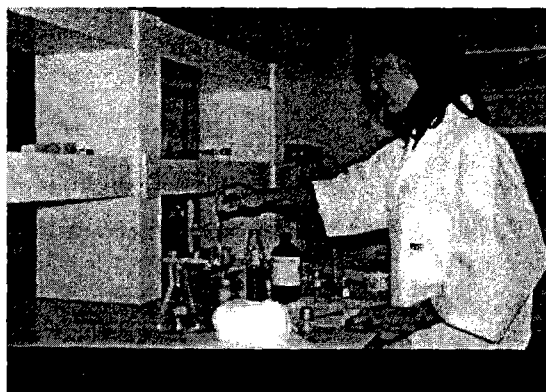
ภาพประกอบ 5 การทดลอง
เรื่อง การทำปูนกินหมากจากหินปูน



ภาพประกอบ 6 การทดลอง
เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสนิมเหล็ก



ภาพประกอบ 7 การทดลอง
เรื่อง เปลือกไข่ปรับสภาพดินกรด



ภาพประกอบ 8 การทดลอง เรื่อง การตรวจสอบสารมีสีในอาหาร

ประมวลภาพประกอบการวิจัย : ทดลองสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



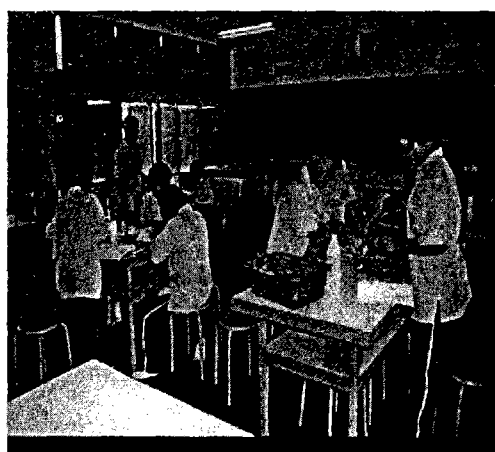
ภาพประกอบ 9 การทดสอบด้วยแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้กับนักเรียน 115 คน



ภาพประกอบ 10 การทดลองใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่ม 3 คน



ภาพประกอบ 11 วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้
ก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



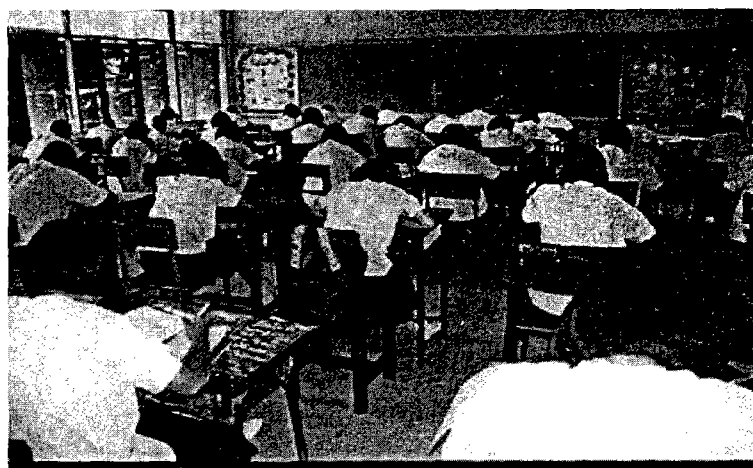
ภาพประกอบ 12 การทดลองใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่ม 9 คน



ภาพประกอบ 13 การทดลองใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่ม 15 คน



ภาพประกอบ 14 การทดลองใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



ภาพประกอบ 15 วัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวพรยมล บัวคีรี
วัน เดือน ปีเกิด	16 กรกฎาคม 2513
สถานที่เกิด	อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่100 หมู่ที่ 5 ตำบลน่าน้อย อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 1 ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนพินานพิทยาสรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดสตูล
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2528	มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนรรนารีเฉลิม อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2531	มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนรรนารีเฉลิม อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2536	ค.บ.(วิทยาศาสตร์ทั่วไป) วิทยาลัยครูภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต
พ.ศ. 2546	กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร