การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุรพล วิหคไพบูลย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤศจิกายน 2543

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1

บทคัดย่อ

ของ

สุรพล วิหคไพบูลย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤศจิกายน 2543

สุรพล วิหคไพบูลย์. (2543). *การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*.ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา).กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 2 ประการ คือ 1) เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียจากผลการทดลอง 2) เพื่อศึกษาผลการทดลองใช้เบื้องต้นกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1

ในการวิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย พร้อมทั้งคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ โดยผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

2. ทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน

ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ สามารถพัฒนาบทปฏิบัติการและคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ได้ 7 บท ดังนี้

1.1 บทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

1.2 บทปฏิบัติการที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

1.3 บทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

1.4 บทปฏิบัติการที่ 4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

1.5 บทปฏิบัติการที่ 5 การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช

1.6 บทปฏิบัติการที่ 6 การสร้างถังดักไขมัน

1.7 บทปฏิบัติการที่ 7 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าบทปฏิบัติการข้างต้น มีคุณภาพในระดับมาก

2. บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์คือ 80.57/80.06

3. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการสอนแตกต่างจากก่อนสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

A DEVENLOPMENT OF LABOLATORY DIRECTIONS ON WASTEWATER TREATMENT FOR MATTAYOMSUKSA 1 STUDENT

AN ABSTRACT

BY

SURAPOL VIHOKPAIBUL

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Science Education

at Srinakharinwirot University

November 2000

Surapol Vihokpaibul. (2000). *A Devenlopment Laboratory Directions on Wastewater Treatment for Muttayomsuksa 1 Student.* Master thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Vinai Veeravatnanond, Asist. Prof. Kalaya Lekskul.

The purposes of this study were twofold : 1) to develop school science laboratory on "Wastewater Treatment", 2) to study instructional utility of the developed laboratories with M.S.I. students. The study was achieved by the following steps :

1.Development of the school science laboratories and their manuals through critical determination of five experts.

2. Instructional experimentation in the classroom to identify the efficiency of the laboratories by using 35 Wat Rangboa School students as its sample.

The finding were as follows :

1) Seven school science laboratories were consequentially developed from their original scientific laboratories :

1.1 Basic Qualitative Analysis of Water Quality

1.2 Biological Treatments of Wastewater

1.3 Physical Treatments of Wastewater

1.4 Chemical Treatments of Wastewater

1.5 Utilization of Post Treatments Wastewater for Plant Culture

1.6 Construction of Simple Fat and Fatty Elements Screening Tanks

1.7 Development of Water Quality

The school science laboratories were of high quality when determined by experts.

2) The developed school science laboratories attainded their efficiency as 80.77/80.06

3) The M.S.I. students taught by utilizing the developed laboratories demonstrated significant difference at 0.01 level between pre and post instruction.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ของ

นายสุรพล วิหคไพบูลย์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
วันที่ .. เดือน ..... พ.ศ. 2543

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กัลยา เล็กสกุล กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอบกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก และ ดร.สนอง ทองปาน ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.เปรมจิตร บุญสาย ดร.ชาตรี เกิดธรรม ดร.ทวีพล จูฑะพล อาจารย์สุมินทร์ อุตระไชย อาจารย์ลาวัลย์ ผดุงเรืองกิจ ที่ให้คำแนะนำและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียน โรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม จังหวัดนนทบุรี และโรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร ที่ให้คำแนะนำ เอื้อเฟื้อสถานที่ และเสียสละเวลาในการทดลองสอน

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา อาจารย์ณัฐจรี ธรรมทัศนานนท์ อาจารย์วนิดา ฉัตรวิราคม อาจารย์พรวดี มโนพญา อาจารย์แจ่มจันทร์ ทองคุ้ม อาจารย์อักษรศรี มรกต อาจารย์ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว อาจารย์จิตวิทย์ มุสิกะสินธุ์ และพี่น้องชาววิทยาศาสตร์ศึกษาที่ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจในการทำการทดลองด้วยดีตลอดมา

นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ จากผู้ที่เกี่ยวข้องที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้หมดในที่นี้ ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่และน้อง รวมถึงบุคคลในครอบครัวที่ให้กำลังใจ คุณค่าและประโยชน์ที่พึงมีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเกียรติแด่คุณบิดามารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรพล วิหคไพบูลย์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	3
	ตัวแปรที่ศึกษา	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
	สมมติฐานของการวิจัย	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
	เอกสารเกี่ยวกับน้ำเสียและการบำบัด	8
	ความหมายของน้ำเสีย	8
	การบำบัดน้ำเสีย	16
	การใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัด	22
	เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการ	23
	ความหมายบทปฏิบัติการ	23
	การใช้บทปฏิบัติการในการเรียนการสอน	24
	เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	28
	เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	29
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
	งานวิจัยเกี่ยวกับบทปฏิบัติการ	35
	งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	39
	งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	41
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	45
	การพัฒนาบทปฏิบัติการ	45
	บทปฏิบัติการ	45
	คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ	48

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3(ต่อ)	นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน	49
	แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน	49
	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน	49
	เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองสอน	49
	การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน	50
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	50
	แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	51
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	52
	สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน	53
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
	การพัฒนาบทปฏิบัติการ	55
	การนำบทปฏิบัติการไปทดลองสอน	56
5	สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	59
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	59
	สมมติฐานของการวิจัย	59
	วิธีดำเนินการวิจัย	59
	วิธีดำเนินการทดลอง	60
	การวิเคราะห์ข้อมูล	60
	ผลการศึกษาค้นคว้า	61
	อภิปรายผลการวิจัย	61
	ข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม		65
ภาคผนวก		73
	ภาคผนวก ก	74
	ภาคผนวก ข	82

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	ภาคผนวก ค	109
	ภาคผนวก ง	207
	ภาคผนวก จ	223
	ประวัติย่อผู้วิจัย	232

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงระดับความเข้มข้นของสิ่งโสโครก	10
2	เกณฑ์ที่ใช้บอกความกระด้างของน้ำ	15
3	แนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการ	46
4	รายละเอียดของการใช้บทปฏิบัติการ	49
5	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการและคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ	56
6	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ	57
7	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียน	57
8	แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	107
9	แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	108
10	การแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอน	114
11	ความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการบำบัดน้ำเสีย	224
12	ความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย	226
13	ผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ	228
14	หาความแตกต่างจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนหลังเรียนเรื่องการบำบัดน้ำเสีย	230

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	น้ำเพื่อชีวิต	115
2	น้ำเสีย	116
3	น้ำตัวอย่าง 8 ชนิด น้ำกลั่น น้ำเสียจากชุมชน น้ำประปา น้ำมูลสัตว์ น้ำส้มสายชู น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำบาดาล น้ำคลอง	118
4	การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนและการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน	123
5	หลักการทำงานของระบบถังกรองไร้ออกซิเจน	124
6	การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนและการบำบัดแบบใช้ออกซิเจน	126
7	ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด	133
8	ถังดักกรวดทราย และถังตกตะกอน	133
9	การกรองด้วยตะแกรงหยาบ	134
10	อุปกรณ์ที่ใช้บำบัดทางกายภาพ	136
11	ถังกวนเร็ว	142
12	ถังกวนช้าและถังตกตะกอน	143
13	น้ำตัวอย่างที่มีสภาพเป็นเบส เช่น น้ำปูนแดง น้ำปูนขาว น้ำขี้เถ้า และตัวอย่างน้ำที่เป็นกรด เช่น น้ำมะกรูด น้ำมะขาม น้ำมะนาว	145
14	การปลูกพืชในน้ำ	150
15	การปลูกพืชในน้ำประปา และในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว	153
16	การสร้างถังดักไขมันหรือน้ำมันแบบทั่วๆ ไป	160
17	ถังดักไขมันแบบต่างๆ	162
18	สารละลายหมายเลข 1 สารละลายหมายเลข 2	170
19	การทดสอบโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์	178
20	การใช้เทอร์โมมิเตอร์	178
21	วิธีการอ่านค่าบนกระบอกตวง	178
22	แสดงวิธีการใช้หลอดหยด	192
23	แสดงวิธีการทำน้ำกรดให้เจือจาง	192
24	กราฟแสดงความสูงของผักบุ้งจีนที่ปลูกในน้ำเสียที่บำบัดแล้วกับน้ำประปา	198
25	ถังดักไขมัน	201

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

น้ำหรือแหล่งน้ำมีความสำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์และพืชในการดำรงชีพ โดยเฉพาะมนุษย์นั้นแหล่งน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตประจำวัน ทั้งด้านการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม เกษตรกรรม พานิชยกรรม และคมนาคม ซึ่งในอดีตน้ำหรือแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำชายฝั่งและน้ำทะเล จะไม่เน่าเสียหรือเกิดภาวะมลพิษ เพราะธรรมชาติสามารถปรับสภาพความสมดุลและฟื้นฟูตัวเองได้ระดับหนึ่ง ทำให้เกิดการหมุนเวียน แม้จะมีการปนเปื้อนจากสารหรือมลสาร แต่ก็มีปริมาณไม่มากนัก จึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างเหมาะสม แต่เมื่อมีการเจริญเติบโตของสังคมจนเกิดเป็นชุมชน มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และพานิชยกรรม ทำให้ธรรมชาติไม่สามารถฟื้นฟูตัวเองได้ทัน ปัญหาน้ำเสียในแหล่งน้ำจึงเกิดขึ้นจนทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ (องค์การจัดการน้ำเสีย. 2538 : 5) ซึ่งนับว่าเป็นปัญหามลพิษทางน้ำที่รุนแรงส่งผลกระทบต่อภาวะทางด้านเศรษฐกิจ สังคมการเมืองและการปกครอง ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งหมดเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งสิ้น ดังนั้นการป้องกันและการแก้ปัญหาจึงควรมุ่งพัฒนาประชาชนให้มีความรู้ความเข้าใจมีจริยธรรม และมีจิตสำนึกในความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมร่วมกัน การให้การศึกษาเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมจึงเป็นเรื่องจำเป็นที่จะช่วยให้ความสำเร็จของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นได้ยาวนาน ทั้งนี้การให้การศึกษาแก่ประชาชนจะเป็นวิธีหนึ่งในการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจให้เกิดความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและจะก่อให้เกิดพลังในการหาวิธีป้องกันและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นรูปธรรม (ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. 2540 : 20)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2540 – 2544) มีนโยบายให้ชุมชนได้รับรู้สภาวะการณ์สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นและส่งเสริมให้ประชาชนในภูมิภาคและชนบทมีส่วนร่วมในการพัฒนาท้องถิ่นของตนเองมากขึ้น ดังนั้นโรงเรียนซึ่งเป็นสถาบันหลักทางด้านการศึกษาจึงควรจะเป็นแหล่งของฐานข้อมูลด้านต่างๆ ตลอดทั้งให้คำแนะนำแก่ชุมชนเพื่อเปิดโอกาสให้ชุมชนได้พัฒนาศักยภาพในการจัดการปัญหาดังกล่าวได้ด้วยตนเอง อันจะส่งผลให้สภาพแวดล้อมของส่วนรวมดีขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2539 : 69) การที่ประชาชนในท้องถิ่นได้รู้คุณภาพของแหล่งน้ำในท้องถิ่นของตนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญซึ่งแนวทางที่ประชาชนจะรู้จักคุณภาพของแหล่งน้ำได้ ก็คือการตรวจสอบคุณภาพ เพราะการตรวจสอบคุณภาพของน้ำเป็นวิธีหนึ่งในการป้องกัน ควบคุม ติดตามสภาพการณ์ หรือความเป็นไปได้ของแหล่งน้ำและแหล่งระบายน้ำ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนจัดการเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์มากที่สุด ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงเป็นการสนับสนุนข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้ไขปัญหาและควบคุมคุณภาพน้ำ มิให้ปนเปื้อนจากสารมลพิษต่างๆจากสิ่งแวดล้อม (กรมอนามัย. 2537 : คำนำ)

ปัญหามลพิษทางน้ำเกิดจากน้ำเสียที่มาจากแหล่งใหญ่ๆ 3 แหล่ง ได้แก่ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากการเกษตรและน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โดยน้ำเสียเหล่านั้นมีลักษณะไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ตามวัตถุประสงค์ เช่น น้ำที่มีอินทรียสาร โลหะหนัก และสารพิษบางชนิดปนเปื้อนอยู่ไม่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ สารปนเปื้อนเหล่านั้นสามารถสะสมตามห่วงโซ่อาหารและเป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ในที่สุดได้

น้ำเสียโดยทั่วไป หมายถึง น้ำที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยมิได้ผ่านการบำบัดก่อน มักก่อให้เกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของแหล่งน้ำหรือเกิดมลพิษทางน้ำ ซึ่งจัดเป็นปัญหาสำคัญที่ประเทศไทยกำลังประสบอยู่ แม้ในปัจจุบันจะมีการกำหนดกฎหมายเกี่ยวกับการจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียและลักษณะน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เช่น กฎหมายโรงงานกำหนดให้โรงงานต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535)

การแก้ปัญหาน้ำเสียที่ผ่านมา มักใช้การสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเป็นวิธีการหลัก ซึ่งในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 ได้เน้นบริหารจัดการมลพิษทางน้ำ โดยรัฐให้เงินอุดหนุนการลงทุนในการสร้างระบบบำบัดและกำจัดน้ำเสียรวมสำหรับชุมชนและท้องถิ่นทั้งหมดหรือบางส่วน ซึ่งจนถึงปัจจุบันปัญหาดังกล่าวก็ยังคงมีอยู่และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความไม่รู้ ไม่เข้าใจและไม่ทราบวิธีการป้องกันและแก้ไข ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่ผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าสามารถจะช่วยแก้ปัญหาน้ำเสีย โดยเฉพาะน้ำเสียจากชุมชนได้ คือ การให้ความรู้ความเข้าใจ ซึ่งควรจะให้แก่เด็กและเยาวชนเพื่อปลูกฝังไปถึงอนาคตเมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่ต่อไป (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7. 2535 – 2539 : 47)

แผนพัฒนาการศึกษาในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 8 คือการสร้างฐานเพื่อพัฒนาขีดความสามารถของประเทศ เป็นการเตรียมและนำคนให้เข้าสู่สังคมยุคใหม่อย่างมั่นคงและรู้ทันโลก แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 8 (2540 – 2544) จึงเป็นแผนชี้นำการพัฒนาการศึกษา ดังนั้นการศึกษานับเป็นรากฐานที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการสร้างสรรค์ความเจริญก้าวหน้าและแก้ไขปัญหาต่างๆ ในสังคมได้ เนื่องจากการศึกษาเป็นกระบวนการที่ช่วยให้คนได้พัฒนาตนเองด้านต่างๆ ตลอดช่วงชีวิตตั้งแต่การวางรากฐานพัฒนาการของชีวิตตั้งแต่แรกเกิด การพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถด้านต่างๆ ที่จะดำรงชีพและประกอบอาชีพได้อย่างมีความสุขรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง รวมเป็นพลังสร้างสรรค์การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนได้ (แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8. 2540 – 2544 : 2)

ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะให้ความรู้ความเข้าใจและแนวทางปฏิบัติแก่นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในเรื่องการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนด้วยวิธีง่ายๆ โดยนำเสนอในรูปแบบการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง โดยหวังว่านักเรียนจะสามารถนำไปปฏิบัติต่อไปและจะทำให้ปัญหาน้ำเสียลดน้อยลงได้อีกทางหนึ่ง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผลของการวิจัยที่ได้จะมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ได้แนวทางในการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

2. ส่งเสริมนักเรียนให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ เนื้อหาในหลักสูตร คู่มือครู เอกสารที่เกี่ยวข้องและศึกษางานวิจัย เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเองบำบัดตัวเอง : กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมศึกษาของ สนอง ทองปาน (2540) ผู้วิจัยได้คัดเลือกกิจกรรมมาสร้างและพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ 7 บท คือ

บทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
บทปฏิบัติการที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
บทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
บทปฏิบัติการที่ 4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
บทปฏิบัติการที่ 5 การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช
บทปฏิบัติการที่ 6 การสร้างถังดักไขมัน
บทปฏิบัติการที่ 7 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

1.2 ส่งบทปฏิบัติการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ เพื่อปรับแก้บทปฏิบัติการ ครั้งที่1

1.3 นำไปให้นักเรียน 1 คนทดลอง ปรับแก้บทปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

1.4 นำไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน โดยแบ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มตามระดับความสามารถ คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วปรับแก้บทปฏิบัติการ ครั้งที่ 3

2. ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 โรงเรียนวัดรางบัว เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ห้อง รวม 175 คน

3. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มอย่างง่ายมา 1 ห้องเรียน จากจำนวนห้องเรียนที่มีผลการเรียนคละกัน จำนวน 35 คนและแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 7 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

4. ตัวแปร

4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอนตามบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

<u>นิยามศัพท์เฉพาะ</u>

1. น้ำเสียหมายถึง น้ำที่ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ แล้วมีลักษณะเปลี่ยนไปจนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ตามต้องการได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึงน้ำเสียจากชุมชน เช่น น้ำจากการซักล้างและชำระสิ่งสกปรกและน้ำจากการทำอาหาร เป็นต้น

2. การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การนำน้ำเสียมาทำให้สะอาดขึ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึง การทำให้น้ำสะอาดขึ้นด้วยวิธีทางเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์

3. บทปฏิบัติการ หมายถึง เอกสารที่กำหนดแนวทางในการทำการทดลองสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย ชื่อบทปฏิบัติการ ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการ หลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์และสารเคมี วิธีการทดลอง รายงานผลการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง

4. ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ หมายถึง ผลที่ได้จากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจากได้เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80

5. เกณฑ์ 80/80 หมายถึง เกณฑ์ในการพิจารณาผลของการเรียนการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น โดย 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการทุกบทปฏิบัติการ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 ส่วน 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80

6. ผลการเรียนรู้ หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือวัด

6.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

6.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะกระบวนการขั้นสูง 1 ทักษะ คือ การทดลอง

ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างในขณะเดียวกันหรือเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ ตา จมูก เพื่อใช้ในการสัมผัสเหตุการณ์หรือวัตถุโดยตรง

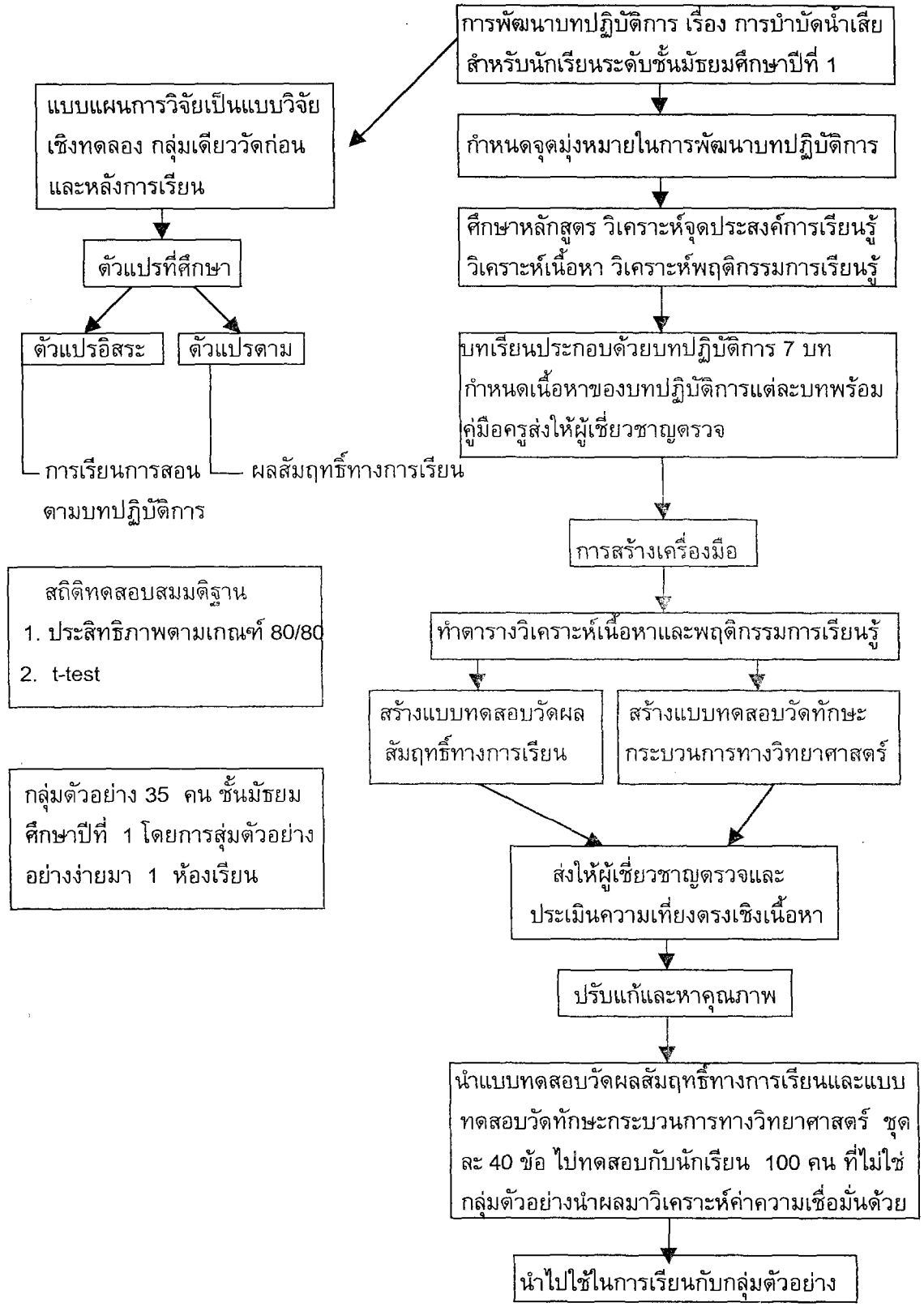
ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องและมีหน่วยของการวัดกำกับมา

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การจัดแบ่งพวกหรือเรียงลำดับของวัตถุหรือจัดเรียงเหตุการณ์โดยการใช้ความเหมือนหรือความต่าง

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลหมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองและจากแหล่งอื่นๆ มาจัดทำในรูปแบบใหม่ๆ เช่น หาความถี่เรียงตามลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เกิดความเข้าใจกับข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น

ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลอง

กรอบแนวคิดของการวิจัย



<u>สมมติฐานของการวิจัย</u>

ในการวิจัยผู้วิจัยกำหนดสมมติฐานไว้ดังนี้คือ

1. บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ มีผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารเกี่ยวกับ น้ำเสีย และการบำบัดน้ำเสีย
    1.1 ความหมายของน้ำเสีย ประเภทของน้ำเสียและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย
    1.2 การบำบัดน้ำเสีย
        1.2.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
        1.2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
        1.2.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
        1.2.4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ - เคมี
    1.3 การใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัด
2. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการ
    2.1 ความหมายบทปฏิบัติการ
    2.2 การใช้บทปฏิบัติการในการเรียนการสอน
3. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
4 เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวกับบทปฏิบัติการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. เอกสารเกี่ยวกับ น้ำเสีย และการบำบัดน้ำเสีย

1.1 ความหมายของน้ำเสีย ประเภทของน้ำเสียและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย

ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย (Waste Water) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ มาแล้ว เช่น การชำระล้างร่างกาย เสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบในระดับครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ การล้างเครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ ทำให้คุณลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิมเนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่างๆ ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำหรือความสกปรกของน้ำทิ้งจึงขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของน้ำ ดังนั้นน้ำทิ้งแต่ละแหล่งจึงมีคุณลักษณะไม่เหมือนกัน (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524 : 1)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่เกิดจากการแปดเปื้อนของสารพิษ ทำให้น้ำเหล่านั้นมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมไม่ชวนให้ใช้หรือนำไปอุปโภคบริโภค บางครั้งอาจเป็นน้ำที่ไม่มีสารเจือปนที่เป็นพิษเลย แต่กลิ่นสีและรสเปลี่ยนไปจากเดิม (เกษม จันทร์แก้ว. 2530 : 172)

น้ำเสีย หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ .2535)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ถูกใช้แล้วโดยหมู่ชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หรือน้ำทิ้งจากห้องครัว ห้องน้ำ หรือน้ำทิ้งจากบ้านเรือนต่างๆ ถูกเรียกกันว่า Domestic wastewater (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536 : 2)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีของเสียหรือสารมลพิษอยู่เป็นจำนวนมากเกินควรจนนำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้โดยตรงถ้าไม่ฟอกให้สะอาด (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2537 : 22)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้แล้วทุกชนิดในกิจกรรมต่างๆ ที่มีสิ่งเจือปนในปริมาณที่สูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นสิ่งต้องการ กรมวิชาการ. 2539 : 1)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมต่างๆ ในอาคารบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม แล้วมีสิ่งปนเปื้อนมากบ้างน้อยบ้าง ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมไม่สามารถนำกลับมาใช้อุปโภคและบริโภคได้อีก เว้นเสียแต่จะได้ผ่านกรรมวิธีบำบัดที่เหมาะสมเสียก่อน (สมร มุตตามะระ. 2541 : 15)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2542 :1)

จากความหมายของน้ำเสียสามารถสรุปได้ว่า

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่เกิดจากการแปดเปื้อนของสารพิษในจำนวนที่มากเกินควร หรือผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ จนไม่สามารถที่จะนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง เว้นเสียแต่จะนำน้ำเสียเหล่านั้นไปผ่านกรรมวิธีบำบัดที่เหมาะสมเสียก่อน

การที่จะกล่าวว่าน้ำเสียหรือมลพิษของน้ำอยู่ในขั้นทำให้น้ำเสียได้นั้น เป็นการกล่าวที่ต้องใช้ดุลพินิจพอสมควร เพราะน้ำอาจเสียสำหรับนำไปใช้ในกิจการหนึ่ง แต่อาจมิใช่น้ำเสียกับการนำไปใช้อีกกิจการหนึ่งได้ ตัวอย่างเช่น น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติอาจเป็นน้ำดีมากในการนำไปใช้เพื่อการชลประทาน แต่อาจเป็นน้ำไม่ดีสำหรับไปดื่มหรือเพื่อกิจการทางอุตสาหกรรมและต้องเข้าใจว่าแม้แต่น้ำฝนก็อาจมีวัตถุมีพิษเจือปนได้ เพราะการฟุ้งกระจายจากการใช้วัตถุมีพิษสู่บรรยากาศ ดังนั้นการพิจารณาว่าน้ำเสียหรือไม่นั้นต้องพิจารณาก่อนว่าเพื่อกิจการใดเป็นหลักสำคัญ (เกษม จันทร์แก้ว. 2530 : 172)

ประเภทของน้ำเสีย

ในชีวิตประจำวันปกติของคนไทยในชนบทใช้น้ำเฉลี่ยวันละ 50 ลิตร ต่อคน แต่คนเมืองต้องการใช้น้ำมากกว่าคนชนบทถึง 4 เท่า (200ลิตร) เมื่อเมืองพัฒนาเติบโตขึ้นชนบทก็จะพัฒนาเปลี่ยนฐานะเป็นเมืองนั้น คือ ในกาลข้างหน้าการใช้น้ำสะอาดเพื่อชีวิตประจำวันของคนแต่ละคนจะเพิ่มขึ้น คาดว่าเฉลี่ยวันละ 400 ลิตรต่อคน น้ำที่กล่าวนี้เมื่อผ่านการใช้แล้วจะอยู่ในสภาพน้ำเสียทันทีซึ่งจะก่อปัญหามลพิษและเป็นภาระหนักมากในการจัดหาน้ำสะอาดมาบริโภค (กรมวิชาการ. 2539 : 37 – 38)

น้ำเสียในปัจจุบันสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. น้ำโสโครกจากชุมชน ได้แก่ น้ำที่ปล่อยจากบ้านเรือนจากการใช้ห้องน้ำ ห้องครัวและการซักล้าง รวมไปถึงน้ำเสียจากตลาด โรงพยาบาล เป็นต้น น้ำเสียประเภทนี้อยู่ในท่อระบายน้ำทั่วไปของชุมชนเมือง

เราจะทราบได้อย่างไรว่าเป็นน้ำโสโครกจากชุมชน

ตาราง 1 แสดงระดับความเข้มข้นของสิ่งโสโครก

สิ่งที่สังเกต/ตรวจวัดได้	ระดับความเข้มข้นของสิ่งโสโครก		
	น้อย	ปานกลาง	มาก
สี	เทา	เทา	เทา
กลิ่น	เหม็น	เหม็นปานกลาง	เหม็นไข่เน่า
ความเป็นกรด – ด่าง	6.5	7.5	8.0

2. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นน้ำผ่านการนำไปใช้งานในกระบวนการผลิต การระบายความร้อนเครื่องจักรกลการทำความสะอาด น้ำเหล่านี้หลังจากการใช้งานแล้วร้อยละ 85 ไหลกลับคืนมาในรูปของน้ำเสีย มีกากสารพิษพวกโลหะหนัก เช่น สังกะสี ทองแดง แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว ฯลฯ มีสารทำให้เกิดฟอง คุณสมบัติความเป็นกรด – ด่าง มีเชื้อจุลินทรีย์ปะปน มีสารที่ทำให้รสและกลิ่นเปลี่ยนไป กล่าวกันง่าย ๆ ก็คือ เป็นน้ำสกปรก มีเชื้อโรค และกากสารพิษ

3. น้ำทิ้งจากการเกษตรกรรม ประเทศของเราใช้น้ำจืดไปเพื่อการเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 93 ในส่วนนี้จะเป็นน้ำเสียที่มีสารเคมีซึ่งเป็นองค์ประกอบของปุ๋ย เช่น ฟอสเฟต ไนเตรต หรือสารที่เป็นพิษในยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช ยาฆ่าหนู ยาฆ่าเชื้อรา ฯลฯ ซึ่งยากแก่การสังเกต เพราะลักษณะค่อนข้างใกล้เคียงกับน้ำในธรรมชาติทั่วไป ต้องตรวจสอบด้วยวิธีการที่ซับซ้อนยุ่งยากทางเคมี (กรมวิชาการ. 2539 : 37- 38)

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย

น้ำเสียที่ไหลจากแหล่งเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ การอุตสาหกรรมและชุมชน ตลอดจนน้ำเสียตามธรรมชาติที่น้ำฝนชะล้างสิ่งสกปรกลงในแม่น้ำทั้งที่เป็นน้ำนิ่งและน้ำไหลนั้น หากมีปริมาณไม่มากนัก ธรรมชาติจะมีวิธีการทำให้น้ำนั้นคงความสะอาดตามสภาพเดิมได้ เช่น จากการสัมผัสกับอากาศและแสงแดด การซึมลงดิน และจากการเจือจางโดยน้ำสะอาดจากธรรมชาติ ถ้าหากเป็นแม่น้ำก็จะพัดพาลงทะเลในที่สุด สรุปน้ำเสียมีแหล่งกำเนิดแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ (กรมวิชาการ. 2539. : 39)

1. น้ำเสียจากชุมชน หมายถึง น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน บ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม ภัตตาคาร ตลาดสด โรงพยาบาล เป็นต้น

2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม หมายถึง น้ำเสียจากระบบการผลิตในอุตสาหกรรมมีความสกปรกค่อนข้างสูง

3. น้ำเสียจากการเกษตร หมายถึง น้ำเสียที่ผ่านการชะล้างพื้นที่เพาะปลูก ที่มีการใช้ยาฆ่าแมลงและสารเคมี รวมทั้งปฏิกูลจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์

4. น้ำเสียที่ฝนชะล้างหน้าดินและพื้นที่ชุมชน ได้แก่ น้ำเสียจากสิ่งปฏิกูล ขยะและสิ่งโสโครกต่างๆ

สิ่งปนเปื้อนที่ทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเสียได้แก่ (นพภาพร พานิช. 2541:4-6 – 4-8)

1. สารอินทรีย์ ก็คือ สารประเภทก๋วยเตี๋ยว น้ำข้าว แกงเผ็ด แกงจืด น้ำมันทอดอาหาร ตลอดจนถึงอุจจาระและปัสสาวะ ฯลฯ

2. สารอนินทรีย์ (Inoraganic) เช่น เศษโลหะ สารเคมี ได้แก่ คลอไรด์ ซัลเฟอร์ แคลเซียม แมกนีเซี่ยม อาจทำให้น้ำกระด้าง หรือเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

3. โลหะหนัก (Heavy metal) เช่น ปรอท แคดเมี่ยม ตะกั่ว ทองแดง ฯลฯ ตามปกติในธรรมชาติจะอยู่รวมกับธาตุอื่นๆ เป็นสินแร่ที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบที่คงรูปมากทำให้โลหะเหล่านี้ละลายได้เพียงเล็กน้อย โลหะเหล่านี้เป็นสารที่สะสมในวงจรอาหาร และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

4. น้ำมันและไขมัน (Oil and grease) ซึ่งมาจากโรงงานทำอาหารทำน้ำมันพืช โรงงานปิโตรเคมี สารพวกนี้เมื่อลอยปิดผิวน้ำจะทำให้ออกซิเจนถ่ายเทลงในน้ำไม่ได้

5. ปริมาณของแข็ง(Solids) รวมถึงของแข็งที่ละลายในน้ำ(dissolved solids) และของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ(Suspended solids) อาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ เช่น แป้ง เยื่อกระดาษ โฟม

6. สีและความขุ่น (Color and transparency) เช่น น้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม โรงงานทำสี โรงงานกระดาษ เมื่อน้ำมีสีหรือขุ่นจะทำให้มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และการนำไปใช้ประโยชน์

7. กรดและด่าง (pH) กรดและด่างที่ใช้ในกระบวนการผลิตเมื่อถูกปล่อยทิ้งจะทำให้น้ำเสียมีค่า pH ต่ำกว่า 7 (เป็นกรด) หรือสูงกว่า 7 (เป็นด่าง) น้ำทิ้งควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5 – 9 เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและการนำไปใช้ประโยชน์

8. สารที่ก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก ได้แก่ น้ำทิ้งจากโรงงานทำสบู่ หรือผงซักฟอก แชมพู เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกิดฟองขึ้นในน้ำจะทำให้มีสภาพไม่น่าดูและปิดกั้นการถ่ายเทของออกซิเจนลงสู่น้ำ

9. สารกัมมันตรังสี จัดเป็นสารอันตรายประเภทหนึ่งซึ่งเมื่อสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้ เช่น สารกัมมันตรังสีอาจพบตกค้างอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยา หรือโรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น

10. สารเป็นพิษ (Toxic) เช่นน้ำเสียจากโรงงานผลิตสารเคมีสำหรับปราบศัตรูพืช ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้เมื่อสารพิษปนเปื้อนอยู่ในน้ำ

11. ความร้อน เช่น น้ำหล่อเย็น น้ำเสียจากโรงงานทำกระดาษหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการต้ม การกลั่น เป็นต้น ความร้อนจะเร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ และลดระดับการละลายของออกซิเจนในน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็นได้ อุณหภูมิของน้ำควรอยู่ประมาณ 25 – 35 องศาเซลเซียส

12. กลิ่น เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงทำปลาป่น โรงงานฟอกหนัง โรงงานฆ่าสัตว์ ซึ่งเกิดจากการสลายของสารอินทรีย์แบบไร้อากาศ ทำให้มีกลิ่นเหม็นหรือเป็นกลิ่นสารเคมี ที่ระเหยได้ เช่นน้ำมันแอมโมเนีย

13. ธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Algae Bloom) มากเกินไป เป็นปัญหาต่อการสัญจรทางน้ำและการนำน้ำไปใช้ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานทำปุ๋ย ทำผงซักฟอก

14. จุลินทรีย์ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์หรือโรงงานอาหารกระป๋อง จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตทำให้เกิดน้ำขาดออกซิเจนและเน่าเหม็นได้ จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรค เช่น จุลินทรีย์จากอุตสาหกรรมผลิตยาหรือวัคซีน เป็นต้น

ลักษณะที่สำคัญของน้ำเสีย

น้ำเสียอาจมีหลายลักษณะที่ปรากฏให้เห็น แต่บางครั้งน้ำเสียอาจไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและไม่สามารถนำไปบริโภคได้ เพราะมีสารพิษเจือปนอยู่ บางครั้งน้ำเสียอาจเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น มีสีแตกต่างไปจากน้ำธรรมชาติและมีปริมาณของสารพิษแตกต่างกันตามขนาดของโรงงาน น้ำเสียมีลักษณะดังนี้

1. ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Waste Water)
2. ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Waste Water)
3. ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Waste Water)

1. ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Waste Water)

น้ำเสียที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพนั้น อาจมีหลายๆ ประเด็นและเป็นประเด็นสำคัญที่สามารถสัมผัสด้วยมนุษย์ เช่น จมูกใช้ดมกลิ่น ปากใช้ลิ้มรส ตาใช้ดูสี ผิวหนังใช้สัมผัส เหล่านี้เป็นต้น และมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้ (เกษม จันทร์แก้ว. 2530 : 173 – 175)

1.1 อุณหภูมิ (Temperature)

น้ำเสียเนื่องด้วยอุณหภูมินั้น โดยปกติมักเป็นอุณหภูมิที่ร้อนกว่าปกติที่มนุษย์และสิ่งมีชีวิตจะอาศัยได้หรืออาจจะเย็นจัดเกินไปจนทำให้ได้รับอันตรายได้เช่นกัน สำหรับอุณหภูมิที่สิ่งมีชีวิตจะอยู่ได้อย่างปกติในน้ำนั้น จะขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิตนั้น เช่น ปลาในเขตอบอุ่นอาจอยู่ได้ในอุณหภูมิสูงสุด 15 องศาเซลเซียสและต่ำสุดอาเพียงแค่ 3 องศาเซลเซียสก็ได้ ส่วนสัตว์ในประเทศไทยอาจอยู่ได้ระหว่าง 20 – 35 องศาเซลเซียส ถ้าร้อนหรือเย็นกว่านี้อาจทำให้ตาย แหล่งที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นมักเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม

อุณหภูมิของน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติและเมื่อปล่อยทิ้งไปยังแม่น้ำ ลำคลอง จะทำให้สภาพแวดล้อมในแม่น้ำลำคลองเปลี่ยนไปดังนี้

1.น้ำในแม่น้ำลำคลองจะมีปริมาตรของออกซิเจนลดลงกว่าปกติเพราะค่าอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะลดลง เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2. เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูง ปฏิกิริยาชีวเคมีของพวกจุลินทรีย์ก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหมายความว่าออกซิเจนในน้ำได้ถูกใช้เพิ่มมากขึ้น

3. เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติ การเจริญของพืชที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำจะมีมากกว่าปกติและอาจเกิดราขึ้นได้ในแหล่งน้ำนั้น (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539 : 3)

นอกจากมนุษย์เป็นผู้กระทำโดยการปล่อยน้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงลงสู่แหล่งน้ำ เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งชุมชนและการเกษตร อุณหภูมิน้ำจึงสูงผิดปกติ ซึ่งกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งไว้ว่าต้องมีอุณหภูมิน้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส

1.2 สีและความขุ่น (Color and Turbidity)

สีของน้ำเป็นลักษณะน้ำเสียที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ง่ายและบ่งชัดที่สุด น้ำบางชนิดอาจมีสีดำ สีแดง สีเขียวหรือสีเทา ซึ่งการที่มีสีเปลี่ยนไปจากธรรมชาตินั้นเป็นเพราะว่ามีสารแขวนลอยและสารละลาย รวมทั้งสารอินทรีย์ละลายอยู่ในน้ำ การที่มีสารเหล่านี้เจือปนอยู่ในน้ำนั้นนอกจากจะทำให้น้ำมีสีเปลี่ยนไปจากเดิมแล้ว ทำให้น้ำมีความขุ่นด้วย อย่างไรก็ดีน้ำเสียที่มีสีและลักษณะขุ่นนั้น อาจมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยเฉพาะพืชน้ำซึ่งไม่สามารถให้แสงส่องผ่าน ทำให้ขบวนการสังเคราะห์แสงเป็นไปได้ไม่ปกติ ส่วนสัตว์น้ำไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ เพราะสีเหล่านั้นอาจมีสารพิษที่ก่อให้เกิดพิษภัยต่อสัตว์น้ำได้

1.3 กลิ่น (Odor)

น้ำธรรมชาติเป็นน้ำที่ไม่มีกลิ่น น้ำที่มีกลิ่นมักเป็นน้ำเสีย ส่วนมากแล้วมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ก๊าซส่วนใหญ่แล้วจะเป็นก๊าซไข่เน่า ซึ่งเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนได้ทำการเปลี่ยนสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์

1.4 รส (Taste)

น้ำธรรมชาติจะไม่มีรส และมนุษย์มักจะชินอยู่กับรสของน้ำฝน น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งมีรสจืดๆ ถ้ามีรสเปลี่ยนไปจากนี้ เช่นรสเปรี้ยว หรือเค็ม จะเป็นน้ำที่เสียได้ แต่ไม่สามารถจะกล่าวได้อย่างสรุปว่าเป็นน้ำเสีย เพราะบางครั้งอาจนำไปใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมอื่นได้

1.5 ความเป็นกรด - ด่าง (pH)

น้ำใช้ปกตินั้นมีความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 6.5 – 8.5 หรืออาจจะมีได้ในขั้นที่ไม่ดีนักระหว่าง 5.0 – 9.0 ถ้ามีน้อยหรือมากกว่า 5.0 – ๙.0 แล้ว สิ่งมีชีวิตในน้ำจะได้รับอันตราย ดังนั้นค่าความเป็นกรดด่างจึงอาจเป็นตัวชี้ความเสียของน้ำได้เช่นกัน

1.6 การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

การนำไฟฟ้าเป็นค่าที่จะอธิบายถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ถ้ามีสารละลายปะปนในปริมาณมาก ก็จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามากด้วย ซึ่งหมายถึงว่าน้ำจะมีสารที่ทำให้เกิดน้ำเสียมากขึ้นด้วยเช่นกัน แหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 0.10 – 5.00 มิลลิโมห์/ซม.

1.7 ของแข็งในน้ำ (Total Solids)

ของแข็งในน้ำ หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย (suspended solids) เช่น ตะกอนและสารที่ละลายน้ำได้ (dissolved solids) โดยปกติน้ำที่ใช้บริโภคจะมีของแข็งในน้ำ ระหว่าง 20 –1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่เป็นเกลืออนินทรีย์ มีอินทรีย์สารและก๊าซเล็กน้อย แหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำระหว่าง 100 – 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่แหล่งน้ำขนาดใหญ่เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำตาปีและแม่น้ำบางปะกง มีค่าสูงระหว่าง 3,000 – 20,000มิลลิกรัมต่อลิตร

1.8 อื่น ๆ

ยังมีลักษณะของน้ำอีกหลายลักษณะที่แสดงสมบัติทางฟิสิกส์ที่ชี้ให้เห็นว่า น้ำนั้นอาจไม่เหมาะในการนำไปใช้ได้ เช่น ความหนาแน่นและความหนืด ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ ความกดดันบรรยากาศ ระดับความลึก ความเข้มข้นของสารแขวนลอย สารละลายอยู่ในน้ำ และการมีเศษใบไม้ใบหญ้าปะปนในน้ำ จึงไม่ค่อยได้รับความสนใจในการบ่งชี้สมบัติของน้ำมากนัก อีกสภาพหนึ่งคือความเค็มของน้ำ โดยทั่วไปก็นิยมใช้ แต่มีค่าอื่นที่อาจจะช่วยชี้ได้ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง หรือการนำไฟฟ้า จึงไม่ค่อยใช้โดยตรง

2. ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Waste Water)

ลักษณะน้ำเสียเนื่องจากการมีสารเคมีปะปนนั้น อาจจะไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เพราะว่าสารเคมีบางประเภทนั้นละลายกับน้ำโดยมิได้ทำให้ลักษณะทางกายภาพของน้ำบางประการเปลี่ยนไปก็มี ลักษณะทางเคมีที่ทำให้น้ำเสียมีดังนี้ (พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ . 2539 : 63 – 66)

2.1 pH น้ำที่มีความเป็นกรดหรือความเป็นเบสสูงมักใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นน้ำดื่มได้น้อย เพราะอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย หรือน้ำที่ใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม ถ้ามี pH ต่ำเกินไปอาจกัดกร่อนท่อต่าง ๆ ได้ ช่วง pH ของน้ำที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6 – 8 (น้ำดื่มควรมีช่วง pH ระหว่าง 6.8 – 7.3)

2.2 สภาพเบส (alkalinity) น้ำที่มีสภาพเบสสูงมักประกอบด้วย OH^-,CO_3^{2} และ HCO^-_3 ในน้ำธรรมชาติมักมี H_2CO_3 ซึ่งเกิดจากปฏิกริยาระหว่างน้ำกับหินปูน

สภาพเบสของน้ำอาจมีประโยชน์ต่อธรรมชาติและน้ำทิ้ง เพราะทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ที่ต้านการเปลี่ยนแปลงค่า pH สภาพเบสอาจแบ่งออกเป็น total alkalinity เมื่อ pH มากกว่า 4.5 และเป็น caustic alkalinity เมื่อ pH มากกว่า 8.2

2.3 สภาพกรด (acidity) น้ำธรรมชาติส่วนมากหรือน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนมักมีบัฟเฟอร์ในรูปของ CO_2-HCO_3^- กรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) ไม่ทำให้น้ำมี pH ต่ำกว่า 4.5 และไม่ถูกสะเทินทั้งหมด ถ้าหากว่า pH ไม่เกิน 8.2 ดังนั้นสภาพกรดอันเนื่องมาจาก CO_2 ละลายในน้ำ จะมีช่วง pH อยู่ระหว่าง 8.2 - 4.5 สภาพกรดอันเนื่องมาจากแร่ธาตุที่เป็นกรดซึ่งมักได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมักมีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 อาจแสดงสภาพกรดในเทอมของ $CaCO_3$ ได้

2.4 ความกระด้าง (hardness) เป็นสภาพที่น้ำไม่เกิดฟองกับสบู่และทำให้เกิดตะกอนเมื่อต้มน้ำ หรือเกิดในหม้อน้ำโรงงานอุตสาหกรรม ความกระด้างเกิดจากอิออนของโลหะแคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) (บางกรณีอาจรวมถึง Fe^{2+} และ Sr^{2+}) แอนอิออน ที่เกี่ยวข้องกับความกระด้างได้แก่ HCO_3^-, SO_4^{2-}, และNO_3 ความกระด้างมีผลเสียต่อสุขภาพและมีข้อเสียในแง่ของเศรษฐกิจคือในการซักผ้าต้องใช้ปริมาณสบู่มากขึ้นจึงจะเกิดฟองและทำให้เกิดตะกอนในหม้อน้ำซึ่งต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นจึงจะทำให้หม้อน้ำร้อน ปกติเราแสดงความกระด้างของน้ำในรูปของ $CaCO_3$ ความกระด้างของน้ำแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

ความกระด้างคาร์บอเนต (cabonate hardness) มีอิออนของโลหะเกี่ยวข้องกับอิออน HCO_3^-

ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต (non - cabonate hardness) มีอิออนของโลหะเกี่ยวข้องกับอิออน SO_4^{2} , Cl^- และ NO^{3-}

ถ้าน้ำมีปริมาณของโซเดียมและโพแทสเซียมสูงจะทำให้ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต มีค่าเป็นลบเพราะถือว่าเกลือของธาตุทั้งสองนี้ทำให้เกิดความเป็นเบสหรือสภาพเบสได้โดยไม่มีความกระด้างเลย

ตาราง 2 เกณฑ์ที่ใช้บอกความกระด้างของน้ำมีดังนี้

ช่วงของความกระด้าง (ppm $CaCO_3$)	สภาพความกระด้าง
0-50	น้ำอ่อน
51-100	น้ำค่อนข้างอ่อน
101-150	น้ำกระด้างเล็กน้อย
151-200	น้ำกระด้างปานกลาง
201-300	น้ำกระด้าง
มากกว่า 300	น้ำกระด้างมาก

2.5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) ออกซิเจนมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของน้ำ เพราะออกซิเจนช่วยให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้ในน้ำ นอกจากนั้นผลของการปล่อยของเสียลงไปในแม่น้ำลำคลอง ยังพิจารณาได้จากปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำอีกด้วย น้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมักมี DO อยู่ประมาณ 5 - 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ออกซิเจนละลายได้น้อยมากในน้ำ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นออกซิเจนละลายได้ลดลงดังนี้

อุณหภูมิ (^0C)	0	10	20	30
DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)	14.6	11.3	9.1	7.6

น้ำสะอาดที่อยู่บริเวณผิวน้ำมักอิ่มตัวด้วย DO แต่ DO นี้อาจลดลงไปได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากมีสารอินทรีย์อยู่ในน้ำนั้น เพราะเหตุที่ว่าแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria) เมื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง สำหรับน้ำที่ใช้ในหม้อต้มของโรงงานอุตสาหกรรมมักไม่ต้องการ DO สูงนัก เพราะอาจทำให้เกิดระเบิดได้

2.6 ความต้องการออกซิเจน (Oxygen demand) สารอินทรีย์ในน้ำมักไม่เสถียรเพราะอาจถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย หรือทางเคมีไปเป็นสารหรืออิออนที่เสถียรกว่า เช่น CO_2 ,NO^-_3 และ H_2O น้ำธรรมชาติหรือน้ำทิ้งมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่มากน้อยเพียงไรนั้นมักใช้ค่า ความต้องการออกซิเจนเป็นดรรชนี

2.7 ไนโตรเจน การกำจัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยาจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีปริมาณไนโตรเจนที่เพียงพอ ไนโตรเจนอาจดำรงอยู่ในน้ำได้ 4 แบบ คือ

ก. ไนโตรเจนอินทรีย์ เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของโปรตีน กรดอะมิโนและยูเรีย

ข. แอมโมเนียไนโตรเจน เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียมหรือแอมโมเนียอิสระ

ค. ไนไตรต์ไนโตรเจน เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของ NO^-_2 ซึ่งไม่ค่อยเสถียร

ง. ไนเตรตไนโตรเจน เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขั้นสุดท้ายของไนโตรเจน

น้ำธรรมชาติที่มีปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูงมากแต่ไม่มีไนไตรต์ไนโตรเจนและไนเตรตไนโตรเจนในปริมาณน้อยจัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพไม่ดีและไม่ปลอดภัยต่อการอุปโภคบริโภค แต่ถ้าน้ำนั้นมีไนเตรตไนโตรเจนเพียงเล็กน้อยและไม่มีไนโตรเจนอินทรีย์กับแอมโมเนียไนโตรเจนเลยจัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี

ลักษณะทางเคมีของน้ำ อาจเกี่ยวข้องกับสารเคมีที่เป็นพิษหลายชนิด เช่น ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ไซยาไนด์ ฟีนอล น้ำมันและไขมัน เป็นต้น

3. ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Waste Water)

สภาพน้ำเสียทางชีววิทยา หมายถึง น้ำที่มีสิ่งที่มีชีวิต ที่เป็นพิษภัยต่อ มนุษย์ สัตว์และพืช ไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง โดยสิ่งมีชีวิตนั้นอาจไม่ทำให้น้ำเน่าเสียเพียงแต่ตัวมันเองอาศัยอยู่ แล้วก็ทำให้เกิดพิษขึ้นมาถ้าถูกนำไปบริโภคหรือตัวมันเองอาจเป็นผู้ก่อให้เกิดเน่าเสียของน้ำก็ได้ เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ที่มันสร้างขึ้น

สิ่งมีชีวิตที่สามารถทำให้น้ำเสียได้ เช่น บักเตรี โปรโตซัว ไวรัส พยาธิ เชื้อรา อัลคีและเศษไม้ ใบไม้ ขยะมูลฝอย เป็นต้น (เกษม จันทร์แก้ว. 2530 : 180)

จากเอกสารข้างต้นประเภทและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย สามารถจำแนกประเภทใหญ่ๆได้ 3 ประเภทคือ น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากการเกษตร ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้จะมีลักษณะที่แตกต่างกันคือ น้ำเสียทางกายภาพ น้ำเสียทางเคมี น้ำเสียทางชีววิทยา

1.2 การบำบัดน้ำเสีย

จากการทดลองการฟื้นตัวของแม่น้ำลำคลองที่เคยกล่าวแล้ว พบว่าต้องใช้เวลามากในการที่แม่น้ำจะฟื้นตัวได้ ดังนั้นจึงไม่ควรให้เป็นหน้าที่ของแม่น้ำลำคลองที่จะฟอกน้ำเสียให้สะอาดด้วยตัวเอง ทางที่ดีที่สุดคือเราอย่าทิ้งน้ำเสียลงน้ำแต่ในทางปฏิบัติแล้วเรามีของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จากส้วม จากครัวเรือนอยู่ทุกวัน จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะไม่ทิ้งของเสียลงสู่ลำน้ำ

ดังนั้นวิธีการที่ถูกต้องอีกวิธีหนึ่ง คือ การบำบัด หรือฟอกน้ำเสียให้สะอาดจนมีของเสียน้อยมากและสามารถทิ้งลงแหล่งน้ำได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

(ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2537 : 36)

การบำบัด (Treatment) หมายถึง การบำบัดสภาพให้ดีขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ. 2540)

การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment) หมายถึง การกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ปนมากับน้ำเสียหมดไป หรือให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่เทคโนโลยีจะอำนวยเพื่อให้แน่ใจได้ว่าน้ำเสียที่ผ่านการ

บำบัดแล้ว เมื่อปล่อยลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง จะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในน้ำ (สมร มุดตามะระ. 2541 : 25)

ดังนั้นผู้วิจัยสรุปรวมได้ว่า การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับน้ำเสีย หรือนำมาบำบัดสภาพให้สะอาด จนมีของเสียเหลืออยู่น้อยมากเท่าที่เทคโนโลยีจะอำนวย เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

หลักการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับสิ่งที่เจือปนในน้ำเสีย โดยปกติของแข็งหรือตะกอนแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำเสียมักบำบัดออกได้ด้วยวิธีกายภาพ ตะกอนขนาดเล็ก หรือสารละลายในน้ำเสียต้องบำบัดออกโดยใช้วิธีเคมีหรือวิธีชีวะ ซึ่งสามารถทำให้ตะกอนขนาดเล็ก หรือสารละลาย กลายเป็นตะกอนแขวนลอยที่รวมกันเป็นก้อนใหญ่ จนสามารถบำบัดออกจากน้ำเสียได้โดยวิธีกายภาพ วิธีการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีกรรมวิธีหรือกระบวนการอยู่ 4 ประเภท ได้แก่

1.2.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

สิ่งเจือปนที่สามารถบำบัดออกจากน้ำเสียได้โดยวิธีกายภาพ ได้แก่ ของแข็งขนาดใหญ่ เช่น เศษผ้า กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมัน น้ำมัน (ที่ไม่ละลายน้ำ) ฯลฯ

อุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียแบบกายภาพ ได้แก่ ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด ถังดักกรวดและทราย ถังดักไขมัน ถังตกตะกอน

ตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

ตะแกรงหยาบใช้สำหรับดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษขยะ เศษผ้า ใบไม้ ถุงพลาสติก ฯลฯ

ตะแกรงละเอียดมีขนาดตาเล็กกว่าตะแกรงหยาบและใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็กตะแกรงทั้งสองนี้ช่วยป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำอุดตัน

ถังดักกรวดทราย

ถังดักกรวดทรายเป็นถังขนาดเล็กที่ออกแบบให้สามารถดักจับกรวดทรายในน้ำเสียที่ไหลผ่านถังดักกรวดทรายเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้ เพื่อป้องกันมิให้เครื่องสูบน้ำสึกกร่อนและเสียหายเนื่องจากถูกขัดสีจากกรวดทราย (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 41)

ถังดักไขมันและน้ำมัน

การกำจัดน้ำมันและไขมันจะพบมากในน้ำทิ้งจากร้านอาหารทั่ว ๆ ไป สถานีจำหน่ายน้ำมัน อู่ซ่อมรถยนต์ และโรงงานประเภทที่มีไขมัน การกำจัดน้ำมันและไขมันมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

1. เติมคลอรีนประมาณ 2-5 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. เติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ
3. การทำให้ลอย (Flotation) แล้วเก็บออกจากน้ำบนผิวน้ำการเพิ่มอุณหภูมิ เพื่อช่วยลดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหรือไขมันทำให้ลอยขึ้นมาได้มาก
4. การขัดถูใช้สำหรับพวกน้ำมันหรือไขมันเกาะตามถังหรือเครื่องมือต่าง ๆ

5. การเป่าอากาศเพื่อให้ฟองอากาศที่มีจำนวนมหาศาลพาพวกน้ำมัน หรือไขมันลอยขึ้นมาได้มาก

สำหรับระบบกำจัดไขมัน หรือน้ำมันแบบที่นิยมใช้เป็นถังพักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในบ่อเพื่อดักไขมันไว้ให้ได้ปริมาณมาก (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ .2539 : 94)

น้ำเสียหลายประเภทมีน้ำมันหรือไขมันปนอยู่ด้วย ถังดักไขมันและน้ำมันอาศัยหลักที่ว่าไขมันหรือน้ำมันเบากว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทางออกของถังดักไขมันจึงจุ่มอยู่ใต้น้ำ (ต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน) และสามารถดึงเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักด้วยท่อรูปตัว T ไขมันและน้ำมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดัก และสามารถดักออกไปทิ้งได้ น้ำเสียที่มีน้ำมันหรือไขมันละลายอยู่ไม่สามารถใช้ถังดัก หรือแยกน้ำมันดังกล่าวได้เนื่องจากน้ำมันจับเป็นเนื้อเดียวกับน้ำเสีย วิธีแก้ไขคือต้องทำให้น้ำมันและน้ำเสียแยกตัวจากกัน โดยใช้สารเคมีช่วยเสียก่อน จากนั้นจึงใช้ ถังดักหรือแยกไขมันและน้ำมันบางครั้งการแยกน้ำมันหรือไขมันอาจใช้วิธีทำให้ลอยตัว (Flotation) ได้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 42)

ถังดกตะกอน

ของแข็งหรือตะกอนแขวนลอยที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้ จะถูกบำบัดออกจากน้ำเสียด้วยถังดกตะกอนซึ่งเป็นถังขนาดใหญ่ที่เป็นที่พักน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในถังดกตะกอนมันจะใช้เวลาอยู่ในถังนี้ประมาณ 2-4 ชม. อย่างสงบ ทำให้ตะกอนแขวนลอยมีเวลาดกตะกอนลงสู่ก้นถังน้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีตะกอนแขวนลอยเหลืออยู่น้อย

ถังดกตะกอนมีบทบาทอยู่ในขบวนการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆเกือบทุกประเภท และถือเป็นหน่วยสำคัญในการกำจัดตะกอนแขวนลอยในน้ำ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 42)

การกรอง (Filtration)

ระบบการกรองน้ำเริ่มแรกเดิมทีถูกนำมาใช้ในการประปาเท่านั้น ต่อมาในปี ค.ศ. 1949 มีการนำเอาระบบกรองน้ำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดขั้นที่สองแล้ว โดยใช้วิธีกรองน้ำที่ไหลล้นออกจากถังตะกอนที่สอง ทำให้น้ำทิ้งที่ผ่านระบบกรองน้ำแล้วจะไม่มีตะกอนแขวนลอยหลงเหลืออยู่ ทำให้สามารถลดค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย และค่า BOD ลงไปได้อีก (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ 2539 : 115)

1.2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี ใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 43 – 44)

1. มีกรดหรือด่างสูงเกินไป (พีเอชสูงหรือต่ำเกินไป)
2. มีโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น สังกะสี ดีบุก ฯลฯ
3. มีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก
4. มีสารประกอบอนินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ซัลไฟด์
5. มีไขมันหรือน้ำมันละลาย

อุปกรณ์สำหรับบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี ได้แก่

1. ถังกวนเร็ว หรือถังผสมสารเคมีกับน้ำเสีย พร้อมอุปกรณ์กวนน้ำ
2. ถังกวนช้า
3. ถังตกตะกอน
4. ถังกรอง

การทำน้ำให้เป็นกลาง

น้ำเสียที่มีพีเอชต่ำ (เป็นกรด) สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาวหรือโซดาไฟ หรือโซดาแอช

ส่วนน้ำเสียที่มีพีเอชสูง(เป็นด่าง) ทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็ได้

การกำจัดไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ

ไขมันหรือน้ำมันที่ละลายในน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่สามารถกำจัดออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีกายภาพ จำเป็นต้องทำให้น้ำมันหรือไขมันแยกตัวออกจากน้ำด้วยวิธีเคมีเสียก่อน จากนั้น จึงใช้วิธีกายภาพกำจัดออกจากน้ำเสีย สารเคมีอาจเป็นสารอนินทรีย์ เช่น กรดกำมะถัน สารส้ม เป็นต้น หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ กรดกำมะถันเป็นสารเคมีที่นิยมใช้กันมาก แต่สารอินทรีย์สังเคราะห์มักมีประสิทธิภาพสูงกว่า

การกำจัดสีออกจากน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

กระบวนการกำจัดสีออกจากน้ำเสีย สารส้มสามารถทำให้สีตกผลึก และรวมตัวเป็นฟล็อกได้ในเวลาเดียวกัน ถังตกตะกอนและถังกรองใช้กำจัดฟล็อกออกจากน้ำเช่นเดียวกับกรณีอื่น ๆ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 43 – 44)

1.2.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา (Biological Treatment)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยานั้นใช้กิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากที่สุดคือ แบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียมีวิธีดำรงชีพที่แบ่งได้กว้าง ๆ เป็น 2 พวกคือ พวกที่ใช้ออกซิเจนและพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการบำบัดจึงแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบตามกิจกรรมของแบคทีเรียที่ใช้ คือ (ทวี จิตไมตรี. 2538 :129)

1. การบำบัดทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Biological Treatment) ใช้กิจกรรมของแบคทีเรียที่ดำรงชีพโดยใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria)

2. การบำบัดทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Biolgical Treatment) ใช้กิจกรรมของแบคทีเรียที่ดำรงชีพโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria)

ระบบกำจำกัดน้ำเสียที่อาศัยหลักชีวะมีหลายชนิดเช่น (มั่นสินตัณฑุลเวศม์. 2538 :45–47)

1. ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Siudge)
2. ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter)
3. ระบบจานชีวะ (Rotating Biological Contactor หรือ RBC)
4. ระบบบ่อกำจัดน้ำเสีย

1. ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์

ระบบนี้ใช้กันมากในประเทศไทย ส่วนประกอบหลัก 2 อย่างที่เห็นได้ง่ายคือ ถังเติมอากาศที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์และถังตกตะกอนซึ่งแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำก่อนระบายทิ้ง ถังเติมอากาศอาจเป็นถังสี่เหลี่ยมทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก สูงประมาณ 3-4 เมตร ถังเติมอากาศจะมีการเติมอากาศหรือออกซิเจนให้กับน้ำด้วยอุปกรณ์กวนน้ำแบบใดแบบหนึ่ง ระบบคูวนเวียนที่นิยมใช้กันในโรงพยาบาลต่างๆ ของรัฐบาลหรือที่ใช้กับโรงงานเก่าบางแห่งจัดเป็นระบบ AS แบบหนึ่ง สิ่งที่แตกต่าง คือลักษณะรูปร่างของถังเติมอากาศและเครื่องเติมออกซิเจน ระบบคูวนเวียนมีถังเติมอากาศทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นรูปคลองวนเวียน รูปวงรีที่มีระดับน้ำสูงเพียง 1.2-1.5 เมตร เครื่องเติมอากาศใช้อุปกรณ์คล้ายกังหันวิดน้ำ (หมุนในแนวนอน) จุ่มน้ำเพียง 12-20 เซนติเมตรเท่านั้น เครื่องเติมอากาศนิยมใช้ Cage Rotor รูปร่างของถังช่วยทำให้น้ำ หมุนเวียนตลอดเวลา ความเร็วของน้ำทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ลอยตัวอยู่ได้

2. ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน

ในกรณีที่น้ำเสียมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง (บีโอดีสูง) มักนิยมใช้บ่อหมัก หรือถังกรองไร้ออกซิเจน เพื่อลดบีโอดีก่อน จากนั้นจึงใช้ระบบอื่น ๆ ที่กล่าวไปแล้วในการกำจัดบีโอดีก่อน จากนั้นจึงใช้ระบบอื่นๆ ที่กล่าวไปแล้วในการกำจัดบีโอดีที่เหลือระบบถังกรองไร้ออกซิเจนเป็นถังคอนกรีตเสริมเหล็กสูงประมาณ 3 - 4 เมตร บรรจุหินขนาด 2 - 4 นิ้วไว้เกือบเต็ม ระบบนี้ไม่ใช้ถังกรองน้ำเสียแต่จะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย แบบไร้ออกซิเจนให้เกาะอยู่บนก้อนหินหรือในช่องว่างของหิน แบคทีเรียชนิดนี้กำจัดบีโอดีโดยไม่ต้องเติมออกซิเจน ในปัจจุบันอาจใช้ตัวกลางพลาสติกรูปร่างต่าง ๆ แทนก้อนหินก็ได้ ตัวกลางพลาสติกราคาแพงแต่มีน้ำหนักเบาจึงช่วยประหยัด ค่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้มาก

3. ระบบจานชีวะ (Rotating Biological Contactor หรือ RBC)

ระบบจานชีวะ เป็นระบบจานชีวะแบบที่เรียกว่า Fixed Film กล่าวคือ เลี้ยงแบคทีเรียให้เกาะติดอยู่บนแผ่นจานซึ่งหมุนช้าๆ แผ่นจานจำจวนมากจุ่มอยู่ในน้ำประมาณ 40 % ของพื้นที่แผ่น การหมุนช่วยให้ฟิล์มจุลินทรีย์เคลื่อนที่ไปมาระหว่างน้ำและอากาศตลอดเวลา เมื่อแผ่นจานอยู่ในน้ำจุลินทรีย์ก็มีโอกาสทำลายบีโอดีในน้ำและเมื่อแผ่นจานโผล่พ้นน้ำจุลินทรีย์จะได้รับออกซิเจนจากอากาศหมุนเวียนเป็นวัฏจักร เช่นนี้ บีโอดีในน้ำเสียจึงลดลงเรื่อย ๆ

4. ระบบบ่อกำจัดน้ำเสีย

ระบบบ่อกำจัดน้ำเสียได้รับความนิยมในประเทศไทยรองจากระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ระบบบ่อกำจัดต้องการเนื้อที่มากจึงนิยมใช้ในต่างจังหวัด ส่วนระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบที่ใช้ในเมืองหรือบริเวณซึ่งที่ดินมีราคาแพง บ่อกำจัดน้ำเสียมักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถขังน้ำเสียได้นานหลายๆ วัน การกำจัดน้ำเสียเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยอาศัยแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวเป็นส่วนสำคัญ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538 : 45 – 47)

Lund. 1971 อ้างจาก (สนอง ทองปาน. 2540 : 16 – 20) กล่าวว่า การบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนอาจกล่าวได้ว่าเป็นการบำบัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในเขตที่มีอากาศร้อน เช่นประเทศไทย เนื่องจากปฏิกิริยาชีวเคมีแบบ ไม่ใช้ออกซิเจนต้องการอุณหภูมิที่ค่อน

ข้างสูง การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงไม่ใช้กัน แพร่หลายนักในประเทศที่มีอากาศหนาวเพราะจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากในการเพิ่มอุณหภูมิ ของน้ำทิ้ง

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีข้อดีกว่าการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนหลายประการที่สำคัญ ได้แก่

1. ในปฏิกิริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนปริมาณสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียย่อยสลายได้ประมาณร้อยละ 80 – 90 จะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนที่ถูกนำไปสังเคราะห์สร้างเซลล์จึงมีน้อยมาก ส่วนในปฏิกิริยาใช้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์ประมาณร้อยละ 50 จะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ ดังนั้นการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจจึงมีปัญหาการจัดกากตะกอนน้อยมาก เมื่อเทียบกับปัญหาการกำจัดกากตะกอนของการกำจัดกากตะกอนของการบำบัดแบบใช้ออกซิเจนเช่น ระบบบำบัดแบบเร่งตะกอน (Activated Sludge)

2. ในการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนปริมาณอาหารเสริมแบคทีเรียต้องการจะน้อยกว่าในระบบใช้ออกซิเจนมาก เพราะแบคทีเรียมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ

3. การที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดลงได้มาก

4. ได้ก๊าซมีเทนซึ่งอาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

อย่างไรก็ตาม การบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีข้อเสียที่สำคัญ คือ แบคทีเรียที่ใช้ในการบำบัดเจริญเติบโตได้ช้าจึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการเริ่มต้นระบบบำบัด (Start – up) และระบบบำบัดปรับตัวได้ไม่ดีนักต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำทิ้ง ปริมาณสารอินทรีย์ อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่นๆ นอกจากนี้ในการบำบัดจะเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นด้วย ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็นและน้ำทิ้งอาจมีสีดำได้เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับสารประกอบของโลหะต่างๆ ในน้ำทิ้งเกิดเป็นสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งมีสีดำ

ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สำคัญ ได้แก่

1. อุณหภูมิปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดที่ช่วงอุณหภูมิสองช่วงคือ ช่วงระหว่าง 30 – 38 องศาเซลเซียสและช่วงระหว่าง 48 – 57 องศาเซลเซียส ในต่างประเทศที่อยู่ในเขตหนาว จำเป็นจะต้องเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้งอยู่ในช่วงระหว่าง 30 – 38 องศาเซลเซียส แต่สำหรับประเทศไทยนั้นไม่ต้องเพิ่มอุณหภูมิเพราะอยู่ในเขตร้อน

2. สภาพไร้ออกซิเจน น้ำทิ้งในถังปฏิกิริยาต้องไม่มีออกซิเจนอยู่เลย เนื่องจากออกซิเจนเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน

3. อาหารเสริมน้ำทิ้งควรมีอาหารเสริมสร้างพอเพียงแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียโดยทั่วไปต้องการธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราส่วนร้อยละ 11 ต่อร้อยละ 2 ของปริมาณแบคทีเรียที่เกิดขึ้นประมาณ 0.1 ก.ก. ต่อ 1 ก.ก. ของบีโอดีที่ถูกทำลาย อัตราส่วนของบีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (BOD : N : P) จะเป็นเพียง 100 : 1.1 : 0.2 ซึ่งต่ำกว่าอัตราส่วน บีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (BOD : N : P) ประมาณ 100 : 5 : 1 ของระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน

4. ความเป็นกรดด่างค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 6.6 – 7.6 ถ้าค่าพีเอชสูงหรือต่ำกว่านี้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดจะลดลงที่ค่าต่ำกว่า 6.2 ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะสภาวะที่เป็นกรดนั้นจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียผลิตก๊าซมีเทน

5. สารที่เป็นพิษ ในระบบบำบัดจะต้องไม่มีสารที่เป็นพิษต่อแบคทีเรีย สารที่เป็นพิษได้แก่ สารประกอบของโลหะ เช่นโซเดียม โปตัสเซี่ยม แมกนีเซี่ยม แคลเซี่ยมฯลฯ ที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป

1.2.4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ - เคมี

กระบวนการทางกายภาพ – เคมีเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยวิธีทางกายภาพและเคมีผสมผสานกัน เป็นวิธีที่อาศัยเทคโนโลยีชั้นสูง อาศัยเครื่องมือที่มีอุปกรณ์ค่อนข้างมากกว่าระบบบำบัดน้ำเสียวิธีอื่นๆ แต่กระบวนการบำบัดน้ำเสียวิธีนี้จะสามารถบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพดีจนถึงระดับเป็นน้ำดื่มได้ กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบนี้มักจะใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายหลังจากระบบบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ทางชีววิทยาหรือทางเคมีต่อเนื่องตามลำดับ ระบบนี้นับวันจะมีการใช้กันเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติเริ่มมีสารปนเปื้อนปะปนอยู่ในน้ำเสียมากชนิดขึ้น จึงไม่เพียงพอกับการบำบัดด้วยวิธีชีววิทยาเป็นหลักแต่อย่างเดียว ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทราบและเข้าใจหลักการทำงานของกระบวนการการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ – เคมีเป็นอย่างดี กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ – เคมี มีวิธีต่างๆ ดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539 : 263 – 264)

1. การดูดซับด้วยถ่าน
2. การแลกเปลี่ยนประจุ
3. การกรองแบบ Ultrafiltration
4. ออสโมซิสผันกลับ
5. การแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง

การบำบัดน้ำเสียที่ทำกันจริงจังขึ้นในระยะหลังทำให้เรามีความรู้เกี่ยวกับน้ำเสียดีขึ้นว่าในน้ำเสียยังมีสารหรือแร่ธาตุที่อาจนำมาใช้เป็นประโยชน์ใหม่ได้อีก เช่นธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก็เป็นปุ๋ยสำหรับพืชได้ รวมถึงแนวคิดที่จะนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ เช่น การชลประทานน้ำเสีย เป็นต้น

1.3 การใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัด

การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์อีกนั้น อาจดำเนินการได้หลายแบบหลายวิธีขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำที่บำบัดแล้วและจุดประสงค์ของการนำไปใช้เพื่อกิจกรรมอะไรความเหมาะสมและความเป็นไปได้ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม สาธารณสุขและด้านการเงิน ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงจำเป็นต้องพิจารณาคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแต่ละประเภทนั้นว่าเหมาะสมจะนำไปใช้เพื่อกิจกรรมใดได้บ้าง รวมทั้งข้อที่ควรระวังในการนำไปใช้หากจำเป็นหรือไม่แน่ใจ ควรได้มีการศึกษาทดลองใช้ดูก่อนควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ผลได้ผลเสียที่อาจเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว การกำหนดมาตรการควบคู่ไปกับการใช้ประโยชน์นั้นๆ เมื่อนำไปใช้ในขั้นใช้งานจริง จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและต้องระมัดระวัง

การใช้ประโยชน์น้ำเสียในประเทศไทย

1. น้ำเสียจากชุมชน จะนำไปใช้ในการเกษตร เลี้ยงปลา เพาะปลูก

2. น้ำเสียจากการอุตสาหกรรมจะนำไปใช้ในการหมุนเวียนของน้ำหล่อเย็น ใช้ในการเกษตร เลี้ยงปลา เพาะปลูก

3. น้ำเสียจากการเกษตรจะนำไปใช้เลี้ยงปลา ปลูกข้าวและพืชผัก

(เอกสารประกอบการฝึกอบรม สถาบันราชภัฏอุดรธานี. 2539)

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้นการบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับน้ำเสียจนมีของเสียเหลืออยู่น้อยมากเท่าที่เทคโนโลยีจะอำนวย เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการทำให้น้ำสะอาดด้วยวิธีการทางเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ โดยจัดสร้างในรูปของบทปฏิบัติการและการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืช

2. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการ

2.1 ความหมายบทปฏิบัติการ

ปฏิบัติการ ตามความหมายในพจนานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตสถาน พุทธศักราช 2525 (2525 : 73) หมายถึง การทดลอง พิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับบทปฏิบัติการไว้ดังนี้

ประดับ เรืองมาลัย(2524:289) กล่าวว่าวิธีการสอนแบบปฏิบัติการเป็นการสอนวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนได้ลงมือกระทำการทดลองต่างๆ ด้วยตนเอง ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ การทดลองด้วยตนเองนี้จะทำให้นักเรียนได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กาญจนา เกียรติประวัติ (2524 : 140) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการว่า หมายถึง กระบวนการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรง เพื่อให้ได้ผลผลิตหรือข้อเท็จจริงจากการสังเกตและการทดลองเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม

สุวิมล เขียวแก้ว (2527 : 83) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง เป็นวิธีสอนที่ใช้กันมากและเหมาะสมกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อมุ่งให้นักเรียนมีเสรีภาพทางความคิดได้ ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งส่งเสริมให้บรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278) ได้ให้ความหมายการสอนวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการว่าเป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมการเรียนภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติ ฝึกการใช้ทฤษฎี โดยผ่านการสังเกต การทดลอง ภายใต้สภาพที่ควบคุม ซึ่งการสอนแบบปฏิบัติการ เป็นการให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ปฏิบัติเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน มีโอกาสใช้หรือรู้จักเครื่องมือเครื่องใช้ในสายวิชาชีพนั้น ในการค้นคว้าหรือค้นพบสิ่งใหม่สำหรับผู้เรียน

พาดิลลา (Padilla) นักการศึกษาจากประเทศแม็กซิโก ได้กล่าวไว้ในการประชุมนานาชาติเกี่ยวกับการศึกษาวิชาเคมีที่ประเทศไอร์แลนด์เมื่อปี ค.ศ. 1976 สรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิชาเคมีที่เน้นการทดลองเป็นหลักจะก่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ต่อไป (IUPAC.1979 : 253)

ลูเนตตาและคณะ (Lunetta and others. 1981 : 22-25) ได้กล่าวถึงกิจกรรมปฏิบัติการที่มีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และยังช่วยพัฒนาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในทางนิรนาม

เปเรส (Perez.1982 : 20-21) กล่าวว่าปฏิบัติการทดลองจะช่วยให้เด็กได้เข้าใจถึงเค้าโครงของวิทยาศาสตร์ที่จัดให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการในรูปแบบต่างๆและได้ประสบการณ์เกี่ยวกับกระบวนการสืบสวนหาความรู้

ดังนั้นการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการคือการปฏบัติกิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการ นักเรียนจะได้มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกันในขณะที่ทำการทดลอง มีโอกาสที่จะได้สัมผัส และรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูคอยเป็นผู้แนะนำ ในงานวิจัยครั้งนี้ได้จัดทำเอกสารประกอบการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการเฉพาะเรื่องขึ้น โดยเรียกว่า "บทปฏิบัติการ"

2.2 การใช้บทปฏิบัติการในการเรียนการสอน

ในด้านการเรียนการสอนบทปฏิบัติการนั้นผู้วิจัยจะนำเสนอตามหัวข้อดังนี้

1. บทบาทของครูในการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ
2. ขั้นตอนในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการ
3. ประเภทของการจัดกิจกรรมบทปฏิบัติการ
4. ประโยชน์ของการสอนบทปฏิบัติการ

1. บทบาทของครูในการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ

ถึงแม้ว่าในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการ นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เพื่อค้นหาข้อเท็จจริงและข้อสรุปต่าง ๆ ด้วยตนเองก็ตามแต่ในขณะที่นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง ครูก็ยังมีบทบาทที่สำคัญ ซึ่งโอฟ (Hoff. 1950 : 173 – 175) ได้กล่าวเกี่ยวกับบทบาทของครูไว้ว่า "ครูทำหน้าที่เป็นผู้คอยดูแลและช่วยเหลือนักเรียนเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ โดยครูจะอยู่ในห้องที่นักเรียนทำการทดลองตลอดเวลาและควรยืนอยู่ในตำแหน่งที่นักเรียนทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง"

บทบาทของครูในกระบวนการเรียนการสอนเนื้อหาที่มีการทดลอง จะมีอยู่ 3 ขั้นตอน คือ (ประวิตร ชูศิลป์. 2524 : 5 – 6) และ (อรอุมา ละมุล. 2541 : 14 – 15)

ขั้นตอนที่ 1 การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-lab discussion)

ผู้สอนจะต้องพยายามเตรียมคำถามต่าง ๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น คิด สงสัย หรือแนะแนวทางเพื่อผู้เรียนจะได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไปตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ ใน

การทำการทดลอง อาทิ ควรทำอะไรก่อนหรือไม่ควรทำอะไร ตลอดจนเตือนเรื่องความปลอดภัย เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 การให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment period)

ผู้สอนจะต้องคอยดูแล ให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้นสนับสนุนและเป็นที่ปรึกษาอยู่ด้วย มิใช่ให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองกันตามลำพังฝ่ายเดียว

ขั้นตอนที่ 3 การอภิปรายหลังการทดลอง (Post-lab discussion)

ผู้สอนจะต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ในตอนที่ 2 สรุปเป็น กฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาด (Error) ของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ด้วย

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร ครูจึงมีบทบาทเพียงผู้ที่คอยให้คำแนะนำคอยช่วยเหลือและคอยสนับสนุนให้นักเรียนสนใจและตั้งใจทำปฏิบัติการทดลอง ครูไม่ควรมีบทบาทมากเกินไป ควรปล่อยให้นักเรียนได้ทำการทดลองค้นคว้าด้วยตนเอง

2. ขั้นตอนในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการ

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2541 : 61) ในการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลอง ควรมีลำดับขั้นตอนการสอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาถึงหัวข้อที่จะทำการทดลอง การจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ อธิบายถึงระเบียบในการปฏิบัติการทดลอง ให้นักเรียนอ่านสมุดปฏิบัติการมาล่วงหน้าและอธิบายให้นักเรียนรู้จักอุปกรณ์และการใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆ ครูควรให้คำแนะนำเพราะสารบางอย่างอาจทำให้เกิดอันตราย

ขั้นเตรียมการนี้เป็นขั้นที่จะพัฒนาความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ครูควรระลึกเสมอว่าสิ่งที่จะทดลองพยายามให้เกิดจากความต้องการของนักเรียนโดยตรงจะเป็นการกระตุ้นให้ นักเรียนดำเนินการทดลองในลำดับต่อไป

2. ขั้นดำเนินการทดลอง นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองตามที่ได้เตรียมการไว้ โดยครูคอยดูแลอย่างใกล้ชิดและพยายามให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมอยางทั่วถึง

3. ขั้นสรุปและประเมินผลการทดลอง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลของการทดลอง โดยนักเรียนนำข้อมูลที่บันทึกได้รายงานเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มรวมถึงรายงานการทดลองของตน ครูเพิ่มเติมหรือแนะนำในสิ่งที่ยังบกพร่อง รวมถึงร่วมกันประเมินวิธีการทำงานร่วมกัน การเก็บรักษาเครื่องมือ ประโยชน์ที่ได้รับจากการทดลอง

3. ประเภทของการจัดกิจกรรมบทปฏิบัติการ

สำหรับการให้นักเรียนทำปฏิบัติการนั้น โดยทั่วไปอาจจัดได้ 2 แบบ คือ

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory)

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory)

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป เป็นรูปแบบที่เก่าแก่ ซึ่งในการทดลองแบบนี้จะมีคำสั่งและวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียน และเป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบ ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นและสืบสอบในหลักการที่กำลังวิเคราะห์วิจารณ์กันในห้องเรียนซึ่งสามารถเปรียบเทียบขั้นตอนในการทำการทดลองทั้ง 2 แบบไว้ สรุปได้ดังนี้

การทดลองแบบสำเร็จรูป	**การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง**
1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน	1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน
2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงเครื่องมือที่จะใช้	2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงเครื่องมือที่จะใช้
3. กำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองเพื่อแก้ปัญหา	3. ซักถามนักเรียนเพื่อหาทางแก้ปัญหา
4. ให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้	4. ให้นักเรียนแสดงข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้
5. ให้นักเรียนลงความเห็นจากข้อมูลและให้อธิบายข้อความเห็น	

สรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการทดลองทั้ง 2 แบบ มีขั้นตอน 2 ขั้นแรกเหมือนกันและขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนที่แตกต่างกัน อย่างเด่นชัด คือการทดลองแบบสำเร็จรูป จะกำหนดวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้นักเรียนส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางจะไม่กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองให้หรืออาจกำหนดให้เล็กน้อย สำหรับขั้นตอนที่ 4 และ 5 ก็คล้าย ๆ กันคือ การให้นักเรียนสรุปและอธิบายข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

4. ประโยชน์ของการสอนบทปฏิบัติการ

นักศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการทำปฏิบัติการทดลองหรือการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

วราภรณ์ กุศลมโน (2534 : 51) กล่าวว่า " การปฏิบัติการเป็นการช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ ได้พบปัญหา ได้แก้ปัญหา ได้ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองโดยวิธีนี้ จะคุ้มค่ามากถ้านักเรียนได้เป็นผู้ออกแบบการทดลอง ประเมินผลการทดลองด้วยตนเอง" และการสอนด้วยวิธีการนี้เป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้เด็กได้มีโอกาสเรียนรู้มิใช่เป็นความรู้ที่ได้จากการบอกเล่าของครูแต่ฝ่ายเดียวเป็นวิธีสอนที่ดีวิธีหนึ่งตามกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการเรียนรู้ตามหลักการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เด็กสามารถเรียนรู้หลักเกณฑ์ และข้อเท็จจริงที่อยู่รอบๆ ตัวได้อย่างลึกซึ้งและรวดเร็ว

น้อมฤดี จงพยุหะ (2526 : 35 – 36) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนปฏิบัติการ ไว้ดังนี้

1. เรียกร้องความสนใจและความตั้งใจของนักเรียนได้ดี
2. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนอย่างแจ่มแจ้ง
3. นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการกระทำ
4. นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรง
5. นักเรียนสนุกสนานและพอใจในการเรียน

6. ส่งเสริมทักษะในการใช้เครื่องมือ

7. ส่งเสริมการทำงานเป็นหมู่

8. ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต

9. ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนมีความคิด มีเหตุผล

10. ส่งเสริมให้เชื่ออย่างมีเหตุผล มีการพิสูจน์ทดลอง

สุเทพ อุดสาหะ (2526 : 68) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนแบบทดลองไว้ดังนี้

1. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน

2. นักเรียนได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง

3. นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. เป็นการฝึกแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

5. เป็นการเรียนรู้จากของจริง ทำให้จำได้นานกว่าเรียนจากสัญลักษณ์

6. เป็นการเสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์

บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 278 – 279) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติไว้ดังนี้

1. ผู้สอนมีอิสระที่จะให้ความช่วยเหลือและการสอนแก่ผู้เรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ

2. การทำกิจกรรมการเรียนโดยการทดลองอาจดำเนินโดยผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือ เป็นกลุ่มเล็ก ๆ ก็ได้

3. ผู้เรียนอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติ จากสิ่งที่สามารถเรียนด้วยตนเองได้

4. เป็นเทคนิคที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหา

5. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้การสรุปครอบคลุม และการใช้การสรุปครอบคลุมดังกล่าวในสถานการณ์ใหม่

6. เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะทำการสืบเสาะหาความรู้และค้นพบความรู้

7. ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีทักษะมากขึ้น

8. ช่วยพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การทำปฏิบัติการทดลองและการสอนปฏิบัติการมีประโยชน์คือ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้เครื่องมือ ฝึกการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เสริมสร้างเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสนุกสนานและสนใจในการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากแนวทางดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำเสนอบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้วิธีการทางเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ ในลักษณะของการสร้างใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการ พร้อมระบุหลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการ ในการเรียนการสอนในวิทยาศาสตร์

3. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2523 :137) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและประสบการณ์เรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรมหรือจากการสอน จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไร มีความสามารถชนิดใด

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529 : 29) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือประมวลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

วารี ว่องพินัยรัตน์ (2530 : 1)ได้ให้ความหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง การวัดดูว่า นักเรียนมีพฤติกรรมต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งเป็นผลจากการได้รับการฝึกอบรมในช่วงที่ผ่านมา อันเป็นเรื่องราวของอดีต

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น หมายถึง การวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสมรรถภาพทางสมองและสติปัญญา เช่น ความรู้ ความเข้าใจ ในเรื่องราวต่าง ๆ ที่เรียนไปแล้วมากน้อยเพียงใด โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะต้องวัดภายหลังการเรียนและจะต้องวัดตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอน ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่นักเรียนตอบแบบทดสอบ

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์การวัดผลบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเพื่อประกอบการเรียนการสอน จะต้องวัดทั้งสองส่วนในการประเมินผล ผู้วิจัยจึงได้จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 พฤติกรรม (ประวิตร ชูศิลป์. 2524: 21– 31)

ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ความเข้าใจ หมายถึงความสามารถในการจำแนกความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การคำนวณ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การออกแบบและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จะเห็นได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง กล่าวคือ ถ้าผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็จะตามมาด้วย (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 58 – 64)

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการเรียนรู้วิชาวิทยศาสตร์ สมจิต สวธนไพบูลย์ (2526 : 63 – 69) กล่าวว่า กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิด การกระทำอย่างมีระบบในการค้นคว้าหาข้อเท็จจริงต่างๆ จากประสบการณ์ธรรมชาติและจากสถานที่อยู่รอบๆ ตัวเรา โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้นคือ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การทดลองหรือพิสูจน์ การสรุปผลและการนำไปใช้

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้วผลของการศึกษาค้นคว้าจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะการนำเอากระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ตลอดจนการได้รับการพัฒนาความคิดในการแก้ปัญหาและใฝ่หาคำตอบหรืออาจกล่าวได้ว่าการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นจำเป็นต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการวัดผลทางพฤติกรรมของวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ด้านคือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำความรู้ไปใช้ในรูปของแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก

4. เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นวิชาที่ประกอบด้วยเนื้อหา หรือตัวความรู้ และทักษะกระบวนการในการแสวงหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยทักษะกระบวนการในการแสวงหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอน ที่จะต้องเน้นให้นักเรียนได้เรียนทั้งเนื้อหา ทักษะกระบวนการ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา (สมจิต สวธนไพบูลย์. ม.ป.ป. 11 – 12)

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ได้มีผู้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1973 : 15) ได้กล่าวถึงกระบวนการนี้ว่า เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ ความหมายที่สำคัญของกระบวนการ คือ วิถีทางของกระบวนการในการหาความรู้กระบวนการนี้จะเกิดสลับซับซ้อนในแต่ละบุคคล ทำให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญา

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 : 59) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

ผดุงยศ ดวงมาลา (2531 : 33) ได้กล่าวว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยตัวความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ วิธีหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การค้นคว้าทดลอง ในขณะที่ทำการทดลองนั้นผู้ทดลองจะมีโอกาสได้ฝึกฝนทั้งในด้านปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปในขณะเดียวกัน เช่น ฝึกสังเกต บันทึกข้อมูล ตั้งสมมติฐาน ทำการวัด หาความสัมพันธ์ของตัวแปร ฯลฯ สิ่งเหล่านี้เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

ภพ เลาหะไพบูลย์ (2537:14) ได้ให้ความหมายไว้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

วรรณทิพา รอดแรงค้า(2540:ค) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่วถูกต้องและแม่นยำ

จากความหมายที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นความคล่องแคล่วและชำนาญ

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Commission of Science Education) ของสมาคม AAAS (Amreican Association for the Advancemant of science.) ได้แบ่งทักษะกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นคว้าว่ามี 13 ทักษะ ซึ่งทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (2526 : 1 –5) ได้นำมาจัดกระทำแนวการสอนให้กับครูไทยโดยแบ่งทักษะทั้งหมดออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ทักษะกระบวนการขั้นมูลฐาน (The Basic Process Skills) มี 8 ทักษะ

2. ทักษะกระบวนการขั้นสูง (The Integratedc Process Skills) มี 5 ทักษะ

1. ทักษะกระบวนการขั้นมูลฐาน มี 8 ทักษะ ดังนี้

1.1 ทักษะการสังเกต (Observing)

ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่างในขณะเดียวกันหรือเพียงอย่างเดียว ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้นและผิวกาย เพื่อใช้ในการสัมผัสเหตุการณ์หรือสัมผัสกับวัตถุโดยตรง การกระทำดังกล่าวเพื่อจะหาสิ่งที่เป็นรายละเอียดของสิ่งหรือเหตุการณ์นั้น โดยมีข้อเงื่อนไขว่าต้องไม่มีการใส่ความคิดเห็นของผู้ที่ทำการสังเกตลงไป

สิ่งที่ได้จากการสังเกตแบ่งกว้าง ๆ ได้ 3 ลักษณะคือ

ก. ข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ

ข. ข้อมูลเชิงปริมาณ (เป็นการกะประมาณโดยการใช้ความรู้ ประสาทสัมผัสและประสบการณ์ที่จะช่วยชี้แนะในการสังเกต)

ค. ข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

1.1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุหรือรายละเอียดของเหตุการณ์โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

1.1.2 บรรยายถึงสมบัติเชิงปริมาณอย่างคราว ๆ โดยการกะประมาณ

1.1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

1.2. ทักษะด้านการวัด

ทักษะด้านการวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง และมีหน่วยของการวัดกำกับมาด้วยเสมอ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

1.2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการจะวัด

1.2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

1.2.3 บอกวิธีจัดและวิธีใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้อง

1.2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ฯลฯ ได้ถูกต้อง

1.2.5 ระบุหน่วยของตัวเลขได้กับสิ่งที่ทำการวัด

1.3 ทักษะการจำแนกประเภท

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การจัดแบ่งพวกหรือเรียงลำดับของวัตถุหรือจัดเรียงเหตุการณ์โดยการใช้ความเหมือนหรือความแตกต่าง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

1.3.1 เรียงลำดับเหตุการณ์หรือแบ่งพวกสิ่งของต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดไว้

1.3.2 เรียงลำดับเหตุการณ์แบ่งพวกสิ่งของต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

1.3.3 สามารถบอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

1.4 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง บริเวณที่ว่างที่วัตถุนั้นยึดครองตามรูปร่างของวัตถุอาจเป็นรูปทรง 2 หรือ 3 มิติและก่อให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

1.4.1 บ่งชี้ถึงรูปหรือวัตถุทั้ง 2 และ 3 มิติที่กำหนดให้ได้

1.4.2 วาดรูป 2มิติจากภาพหรือวัตถุ รูป 3 มิติได้

1.4.3 บอกชื่อของรูปทรงและรูปทรงเรขาคณิตได้

1.4.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติและ 3 มิติได้ เช่น การหมุนรูป 2 มิติแล้วบอกได้ว่า รูป 3 มิติเป็นแบบใด รวมถึงการดูภาพของเงาที่เกิดจากรูป 3 มิติ ว่าจะเป็นรูป 2 มิติแบบใด และถ้าตัดรูป 3 มิติออกจากกันเป็น 2 ส่วน สามารถบอกได้ว่า รอยตัดแบบ 2 มิติของวัตถุชิ้นนั้นเป็นแบบใด

1.4.5 บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้

1.4.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

1.4.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวา

1.4.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลาได้

1.4.9 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

1.5 ทักษะการคำนวณ

ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาทำการคิดคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

1.5.1 นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง

1.5.2 ใช้ตัวเลขแทนจำนวนที่นับได้

1.5.3 ตัดสินได้ว่าของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือแตกต่างกัน

1.5.4 สามารถบอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย

1.5.5 หาค่าเฉลี่ยได้

1.5.6 แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลหมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองและจากแหล่งอื่นๆ มาจัดทำในรูปแบบใหม่ๆ เช่น หาความถี่เรียงตามลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้เกิดความเข้าใจกับข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ รูปวงจร กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย ฯลฯ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

1.6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

1.6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

1.6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลที่ตนเองเลือกได้

1.6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

1.6.5 บรรยายลักษณะของบางสิ่งด้วยข้อความที่กระทัดรัดเหมาะสมจนผู้อื่นเข้าใจได้

1.6.6 วาดแผนผังแสดงตำแหน่งสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

สามารถอธิบายหรือสรุปเรื่องหนึ่งๆ โดยการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยอาศัยประสบการณ์และความรู้เดิมมาช่วย

1.8 ทักษะการพยากรณ์

ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้า ก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ อาศัยหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ในเรื่องนั้นมาช่วยในการสรุป การพยากรณ์ข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวเลขได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ สามารถทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตและนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

1.8.1 ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่ได้

1.8.2 ทำนายผลที่เกิดขึ้นของข้อมูลเชิงปริมาณทั้งภายในขอบเขตข้อมูลหรือภายนอกขอบเขตข้อมูลได้

2. ทักษะกระบวนการขั้นสูง มี 5 ทักษะ ดังนี้

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดหาล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า มักจะกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามซึ่งอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ โดยจะทราบได้ภายหลังจากการทำการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ (เอาคำที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองมากำหนดความหมาย) เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้สังเกตได้หรือทำการวัดได้

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น คือ สาเหตุที่ก่อให้เกิดผลที่เราสงสัยว่ามาจากมันหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ ผลของอิทธิพลของตัวแปรต้นที่ส่งผลให้เกิดตัวแปรตามขึ้น

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น คือ สาเหตุที่ก่อให้เกิดผลที่เราสงสัยว่ามาจากมันหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ ผลของอิทธิพลของตัวแปรต้นที่ส่งผลให้เกิดตัวแปรตามขึ้น

ตัวแปรควบคุม คือ สิ่งอื่นที่นอกเหนือจาตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองโดยตรง จึงต้องทำการควบคุมให้เหมือนกันกับทั้งกลุ่มการทดลองและกลุ่มควบคุม ถ้าปล่อยไว้ผลการทดลองสามารถคลาดเคลื่อนได้

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

การกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้

2.4 ทักษะการทดลอง

ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลองซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผน การทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง โดยมีการกำหนดและควบคุมตัวแปรเพื่อนำไปสู่วิธีการทดลอง มีการเตรียมอุปกรณ์หรืออาจเป็นสารเคมีในขั้นตอนนี้

2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลมาจากการสังเกต การวัด ฯลฯ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

2.4.1 มีการกำหนดวิธีทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่จะทำการควบคุม รวมถึงการระบุอุปกรณ์หรือสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลอง

2.4.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

2.4.3 บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

2.5 การตีความหมายของข้อมูลและการลงข้อสรุป

การตีความหมายของข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายอาจใช้ด้านอื่นมาประกอบ เช่น การสังเกต การคำนวณ ฯลฯ

การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะขึ้นแล้ว คือ

2.5.1 บรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น การตีความหมายจากกราฟหรือการตีความหมายที่ต้องใช้ทักษะการคำนวณ

2.5.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะกระบวนการขั้นสูง 1 ทักษะ คือ ทักษะการทดลอง จัดสร้างในรูปของแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ

งานวิจัยในประเทศ

มาโนช วาทะพุกกณะ (2532 : 72) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบุญวัฒนา จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ตัวอย่างประชากรจำนวน 268 คน การดำเนินการวิจัยได้ใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 44.283

2. พฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติ มีผลการประเมินแตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่

2.1 พฤติกรรมทักษะปฏิบัติที่มีผลประเมินต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ การใช้หลอดฉีดยา การใช้หลอดหยด การเตรียมสารละลายกรด การใช้กระดาษทดสอบกรดและเบส การเก็บรักษาแม่เหล็ก การปฏิบัติขณะต้มสาร การรินสาร การจับเวลา การทำเครื่องหมาย การใช้หลอดไฟพร้อมขั้ว

2.2 พฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่มีผลการประเมินสูงกว่าเกณฑ์ที่คาดไว้ ได้แก่ การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ การใช้ช้อนตักสาร การใช้ไม้หนีบ การใช้แว่นขยาย การวัดความยาว การเขย่าหลอดทดลอง การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า การทำความสะอาดและเก็บรักษาเครื่องมือ

3. พฤติกรรมทักษะภาคปฏิบัติที่มีผลการประเมินไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่คาดหวังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ การปฏิบัติเมื่อกรดหก การปฏิบัติก่อนต้มสาร การใช้เทอร์โมมิเตอร์ การคนสาร การใช้ตาชั่ง

4. ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเพศชายและเพศหญิง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติ ของนักเรียนเพศชายและเพศหญิง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วนา ชลประเวส (2526 : 79 – 83) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนแบบใช้เกมกับวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 90 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 45 คน ใช้วิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า

1. การสอนด้วยการใช้เกมทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มากกว่าการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง ในทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการจัดกระทำข้อมูล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, .05, .05 และ .01 ตามลำดับ

2. การสอนด้วยปฏิบัติการทดลองได้ผลมากกว่าการสอนโดยใช้เกมในทักษะควาสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติกับเวลา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. วิธีสอนทั้งสองให้ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการทดลองและทักษะการแปลความหมายจากข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัญชลี ไสยวรรณ (2531 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลองกับแบบผสมผสานที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ เด็กปฐมวัยด้านการสังเกตและการจำแนกประเภท กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นอนุบาล1โรงเรียนละอออุทิศ สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์ สวนดุสิต กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2530 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 30 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน กำหนดให้กลุ่มทดลองได้รับการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติการทดลอง และกลุ่มควบคุมได้จัดประสบการณ์แบบผสมผสาน ผลการวิจัยพบว่า

1. เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยวิธีปฏิบัติการทดลองกับวิธีผสมผสาน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยวิธีปฏิบัติการทดลองกับวิธีผสมผสาน มีทักษะการสังเกตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยวิธีปฏิบัติการทดลองกับวิธีผสมผสาน มีทักษะการจำแนกประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อรอุมา ละมุล (2541 : บทคัดย่อ) การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ ซึ่งแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสอนคือ นักเรียนโรงเรียนโคกกะเทียมวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี จำนวน 30 คน ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบกับคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ วัดผลการเรียนรู้จากคำถามท้ายการทดลอง แบบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัย ปรากฏว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.11/80.27

จากแนวคิดงานวิจัยของ สนอง ทองปาน (2540 : 39 – 40) การพัฒนาบทปฏิบัติการในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการสร้างเสริมศักยภาพของนักเรียนให้เกิดความรู้ ความสามารถเบื้องต้นในการตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำที่มีอยู่ในท้องถิ่นของตนได้ว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับใด ซึ่งจะเป็นการช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ทั้งยังเป็นการช่วยยกระดับสถานศึกษาในระดับมัธยมศึกษาให้เป็นศูนย์ข้อมูลทางด้านคุณภาพของสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นนั้นๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ ในการวางแผนจัดการ

สิ่งแวดล้อมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดแก่ท้องถิ่นของตนเอง นอกจากนี้ในการพัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษานี้เพื่อให้สอดคล้องกับการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา อันจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนและพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต เนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและการบำบัดน้ำเสีย มีขั้นตอนการสร้างดังนี้ (สนอง ทองปาน. 2540 : 92)

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการพัฒนาการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ศึกษาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์พุทธศักราช 2535 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ว. 101 เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต

3. วิเคราะห์จุดประสงค์ของกิจกรรมและเนื้อหากิจกรรมเรื่อง น้ำเพื่อชีวิต รวมทั้งทำการวิเคราะห์จุดประสงค์ของกิจกรรม และเนื้อหาของกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและการบำบัดน้ำเสีย

4. กำหนดจุดประสงค์และเนื้อหาของกิจกรรมเรื่อง น้ำเพื่อชีวิต ให้สอดคล้องกับเนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและการบำบัดน้ำเสีย

5. ดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง น้ำเพื่อชีวิต ให้สอดคล้องกับเนื้อหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นและการบำบัดน้ำเสีย

6. นำบทปฏิบัติการที่ดำเนินการพัฒนาเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความถูกต้อง

7. นำผลการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาทำการปรับแก้

8. นำบทปฏิบัติการที่ดำเนินการปรับแก้แล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมศึกษาทำการตรวจสอบคุณภาพโดยการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของกิจกรรมกับเนื้อหาของกิจกรรม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปเป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพของบทปฏิบัติการที่ได้พัฒนาขึ้น

แนวคิดของสนอง ทองปาน ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเองบำบัดตัวเองและเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมศึกษาได้เขียนแนวกิจกรรม 10 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การสำรวจสภาพปัญหาและความเป็นอยู่ของชุมชนที่ตั้งอยู่โดยรอบของโรงเรียน
กิจกรรมที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
กิจกรรมที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
กิจกรรมที่ 4 การสร้างถังดักไขมัน
กิจกรรมที่ 5 การปลูกต้นไม้โดยใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว
กิจกรรมที่ 6 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
กิจกรรมที่ 7 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

กิจกรรมที่ 8 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

กิจกรรมที่ 9 การวางแผนการจัดการน้ำเสียในชุมชน

กิจกรรมที่ 10 การค้นหาแหล่งพลังงานที่มีในท้องถิ่นเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานในการบำบัดน้ำเสีย

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยของ สนอง ทองปาน และข้อเสนอแนะให้นำกิจกรรม 10 กิจกรรม ไปสร้างบทปฏิบัติการเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ผู้วิจัยมีแนวคิดว่า ปัญหาน้ำเสีย เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของทุกคนและนับวันจะมีมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกกิจกรรมที่เกิดขึ้น ใกล้ตัวเด็กนักเรียนและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 7 กิจกรรม นำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ 7 บท เหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้บทปฏิบัติการกับเด็กนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพราะด้านเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ ว.101 เล่ม 1 และคู่มือครูหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ในบทเรียน เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต ได้กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับน้ำเสียไว้พอสังเขปและยังไม่มี การเรียนการสอนแบบบทปฏิบัติการ

งานวิจัยต่างประเทศ

แวนเนค (Vanek. 1974 : 1522 – A) ได้ทดลองเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยการสอนให้นักเรียนทำกิจกรรม และเรียนโดยใช้หนังสือเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน

ไรเลย์ (Riley. 1975 : 1522-A) ได้ทดลองเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านปฏิบัติจริง ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้เฉพาะทฤษฎีเป็นกลุ่มควบคุมสอนโดยให้กิจกรรมวิทยาศาสตร์ทั่วๆไป ผลการทดลอง พบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม

บีสลีย์ (Beasly. 1979 : 5428 – A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการเคมีโดยใช้วิธีปฏิบัติจริง และวิธีการคิดต่อการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว

1. ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว

2. ผลของการฝึกทักษะด้วยการทดลองและการคิดร่วมกัน

ผู้วิจัยแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะทั้ง 3 แบบ เกณฑ์ในการประเมินมี 2 เกณฑ์ คือความถูกต้องแม่นยำ (accuracy) และความคงที่แน่นอน (precision) โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาขณะทำการทดลองเป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ หาความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะปฏิบัติการทดลองของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 กลุ่มย่อยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ

แพ็พเพลิส โพฮีแมนและเพ็บ ฮีส (Pappelis,Pohiman and Pape His.1980:307 – 311) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะภาคปฏิบัติโดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการติดต่อการทำการปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะภาคปฏิบัติการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกซึ่งแสดงว่าการได้ฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลองทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ

อัลรูวาชิค (Al – Ruwashid. 1984 : 1357 – A) ไดทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว และที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการ ที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาในวิทยาลัยริยาร์ด ประเทศซาอุดิอาระเบีย ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี 041 ที่วิทยาลัยริยาร์ด จำนวน 128 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายอย่างเดียว 62 คน และกลุ่มที่สอนโดยการบรรยายกับการทำปฏิบัติการ 66 คน เวลาที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคเรียน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม ทำแบบทดสอบและวัดก่อนและหลังการเรียน จากผลการวิจัยพบว่า

1. การเรียนการสอนที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มขึ้นมากกว่าการเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายกับการทำปฏิบัติการ มีผลทำให้เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่า การเรียนการสอนแบบที่ใช้การบรรยายอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ จะเห็นได้ว่าการศึกษาการทำปฏิบัติการในหลายรูปแบบด้วยกัน เช่นการเปรียบเทียบการสอนแบบปฏิบัติการกับการสอนแบบอื่น ๆ และการศึกษาจัดกลุ่มการเรียนในการทำปฏิบัติการ ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวล้วนแสดงให้เห็นว่า การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยทำกิจกรรมปฏิบัติการ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

รุ่งชีวา สุขดี (2531) ได้ศึกษาผลการศึกษาออกแบบการทดลองในการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยมีการฝึกออกแบบการทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุนทรี วัฒนพันธุ์ (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ประเภททดลองกับที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2534 โรงเรียนโพธิ์ทอง "จินดามณี" อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง จำนวน 70 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลอง กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุมาลี ดำรงไชย (2537) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กัญญา ภิญญกิจ (2538 : 78 – 85) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเสนา "เสนาประสิทธิ์ "อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 70 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 35 คน ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่ม ไม่แตกต่างกัน แต่ความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มณีรัตน์ เกตุไสว (2540) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมทดลอง ที่นักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้พร้อมทั้งเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองตามคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

ไซแมนสกีย์ และแมททิวส์ (Shymansky and Matthews. 1974 : 16 – 68) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสอน 2 วิธีคือ วิธีที่ครูเป็นผู้วางแผน กับที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนที่มีต่อพฤติกรรมของนักเรียน ที่มหาวิทยาลัยฟลอริดา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนวิทยาศาสตร์เกรด 5 จำนวน 52 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งสอนโดยครูคนเดียวกัน ใช้สื่อการสอนเหมือนกันทุกประการ แต่แตกต่างกันที่พฤติกรรมการสอนของครูโดยกลุ่มที่ครูใช้วิธีที่ครูเป็นผู้วางแผนเป็นการสอนแบบทางตรงส่วนกลุ่มที่ครูใช้วิธีนักเรียนเป็นผู้วางแผนเน้นการสอนแบบทางอ้อมระหว่างครูทำการสอนทั้ง 2 กลุ่ม จะมีการสังเกตพฤติกรรมการสอนทางตรง โดยใช้เครื่องมือสังเกตปฏิสัมพันธ์การเรียนการสอน SCAS ในช่วง 5 สัปดาห์แรก จากนั้นทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยตรง โดยผู้สังเกต 9 คน

เป็นเวลา 5 สัปดาห์ในช่วงหลัง การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนใช้นักเรียนเพียง 6 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีพฤติกรรมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีแบบทางตรง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้ววิธีแบบทางอ้อมมีความรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีแบบทางตรง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบทางอ้อมมีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้สูงกว่าอีกด้วย

แมคมีน (McMeen. 1983 : 130A) ได้ทำการศึกษาบทบาทของการเรียนการสอนปฏิบัติการแบบสืบสอบ ในการช่วยให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาวิทยาลัยครูที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐานประกอบด้วยกลุ่มควบคุมจำนวน 73 คน ให้เรียนเคมีโดยให้ทำปฏิบัติการแบบสืบสวน เวลาที่ใช้ในการวัดพัฒนาการทางสติปัญญา คือแบบวัดการคิดเชิงเหตุผล โดยให้นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มทำแบบวัดนี้ก่อนและหลังการทดลอง จากผลการวิจัยพบว่าทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ ความเข้าใจเพิ่มขึ้นและกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น สูงกว่ากลุ่มควบคุม

โอดูบันมิ และบาโลกัน (Odubunmi and Balogun.1991)ได้ศึกษาผลของวิธีสอนแบบปฏิบัติในห้องทดลอง และวิธีสอนแบบบรรยายที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ ความเข้าใจ ในการบูรณาการวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการในห้องทดลองกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ผลจากการสอนที่มีเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาเกรด 7 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกได้รับการสอนแบบบรรยาย กลุ่มที่สอง ได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และกลุ่มที่สามได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เครื่องมือที่ใช้เป็นวิธีทดสอบภาคสนาม ซึ่งเรียกว่าการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการปฏิบัติกิจกรรมแบบบูรณาการ (IASA) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายตามลำดับ

จากการประมวลผลงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศดังกล่าวข้างต้น พอสรุปได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกปฏิบัติการทดลอง การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และการสอนแบบให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ก็จะมีผลทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนอย่างแท้จริงและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงตามไปด้วย ดังนั้ผู้วิจัยจึงพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ทักษะ โดยมีทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล และทักษะกระบวนการขั้นสูงอีก 1 ทักษะ คือ ทักษะการทดลอง

งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

จากการประมวลผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่ามีผู้ศึกษาไว้ ดังนี้

อารายา แสงไชย (2529 : 79 – 80) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะโดยจัดกิจกรรมการทดลองแบบกำหนดแนวทาง และไม่กำหนดแนวทาง พบว่านักเรียนที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ทำการทดลองแบบกำหนดแนวทาง

อดิศักดิ์ ภุชา (2530 : 83) ได้ศึกษาผลการจัดกลุ่มนักเรียนทำปฏิบัติการที่มีต่อการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 พบว่าหลังการทดลองนักเรียนในกลุ่มอิสระ กลุ่มคละและกลุ่มเหมือนมีคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จันทนา เลิศสินไท และคนอื่นๆ (2530 : 0357) ทำการทดลองสอนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2529 ในเขตการศึกษา 7 จำนวน 6 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 1526 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 โรงเรียน จำนวน 781 คน สอนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกลุ่มควบคุมจำนวน 3 โรงเรียน จำนวน 745 คน สอนโดยวิธีสอนตามปกติ จากการศึกษาพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

2. ความก้าวหน้าด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. คะแนนที่เพิ่มด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิรดี สุวีรานนท์ (2532 : 79) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองสอนโดยฝึกการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลองและทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 .05 .01 .01 และ .05 ตามลำดับ ส่วนการกำหนดและควบคุมตัวแปรของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จิต นวนแก้ว (2532) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนอมพิทยา นครศรีธรรมราช กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 36 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิไลวรรณ ปิยะปกรณ์ (2535 : 83 - 84) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 80 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กลุ่มควบคุมได้รับ การสอนตามคู่มือครู ใช้เวลาทดลอง 20 คาบ ผลการศึกษาพบว่า ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05และ.01ตามลำดับ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทวีศักดิ์ ไชยมาโย (2537:บทคัดย่อ) การทดลองใช้แผนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านนาหว้า อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 63 คน แล้วสุ่มด้วยการจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 32 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 31 คน ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า แผนการสอนและชุดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.73 / 81.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80 / 80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้แผนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

เกเบิล และรับบา (Gablle and Rubba. 1977 : 503 – 511) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของ การสอนและประสบการณ์ของการฝึกสอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาแผนกวิชาประถมศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 58 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม

Pappelisและคณะ(1980) ได้ศึกษาการสอนเพื่อปรับปรุงทักษะกระบวนการทางวิทยศาสตร์ของนักเรียนเตรียมแพทย์ และเตรียมทันตแพทย์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาเตรียมแพทย์และเตรียม

ทันตแพทย์ จำนวน 38 คน ที่เรียนโปรแกรมศึกษาวิชาแพทย์ โดยการเรียนเนื้อหาและการปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกันไปและได้มีการทดสอบก่อนและหลังการเรียนด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

รูบิน (Rubin. 1986 : 146)ได้ศึกษาการใช้กลยุทธ์การสอนทำต้นแบบเป็นระบบ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงพุทธิพิสัยแบบเป็นทางการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในโรงเรียนระดับกลางในเมือง จำนวน 328 คน นักเรียนกลุ่มที่หนึ่งได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในช่วงเวลา 3 เดือน จากครูซึ่งได้รับการฝึกกลยุทธ์การสอนการทำต้นแบบเชิงระบบทดลอง กลุ่มที่สองได้รับการสอนจากครูที่ฝึกกลยุทธ์การควบคุม วงจรการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่สามเป็นกลุ่มควบคุมได้รับการสอนวิทยาศาสตร์ตามแบบเดิม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนกลุ่มที่สอง และกลุ่มที่สาม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสรุปกลยุทธ์การสอน การทำต้นแบบเป็นระบบ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการของนักเรียน

จากการประมวลผลงานทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังกล่าวข้างต้น พอสรุปได้ว่า ในการเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกกิจกรรมกับการทำการทดลองสอนแบบเน้นทักษะกระบวนการ และการจัดกลุ่มนักเรียนทำปฏิบัติการนั้นทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก็สูงตามไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อให้นักเรียน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีรูปแบบของการทดลอง (Experimental design) เป็นชนิดกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest- Posttest design) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย
2. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาแล้วไปทดลองสอน
3. การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ซึ่งประกอบด้วยเอกสาร 2 ชุด คือ

1.1 บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

1.2 คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

1.1 บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ผู้วิจัยสรุปขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

1.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์รายวิชาและเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ว.101 รวมทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ และมลพิษทางน้ำ ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสอบถามครูและผู้เชี่ยวชาญให้ได้ข้อมูล แนวความคิด แนะแนวทางเขียนบทปฏิบัติการการบำบัดน้ำเสีย

1.1.2 ศึกษาการพัฒนาบทปฏิบัติการของ สนอง ทองปาน (2540) ซึ่งมี 10 กิจกรรม ผู้วิจัยคัดเลือกมา 7 กิจกรรม พัฒนาเป็นบทปฏิบัติการให้เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1.1.3 กำหนดความมุ่งหมายและวางขอบเขตของบทปฏิบัติการ ได้แก่ ความยาวและรายละเอียดของเนื้อหา รวมทั้งสาระ ความเข้าใจ ที่จะนำเสนอในบทปฏิบัติการโดยนำเนื้อหาทั้งหมด จัดเป็นหน่วยย่อยของบทปฏิบัติการ 7 บทปฏิบัติการ

1.1.4 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละบทปฏิบัติการ

1.1.5 เขียนบทปฏิบัติการ และดำเนินการทดลองตามแนวทางที่เขียนเพื่อตรวจสอบ ความถูกต้องและหาความเหมาะสมของบทปฏิบัติการที่จะนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการทดลองสอน

ตาราง 3 แนวทางในการพัฒนาบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการที่	เรื่อง	เนื้อหาที่นำเสนอ	ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
1	การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น	การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำ ที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยประสาทสัมผัส	ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำ
2	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยา	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจนอย่างง่าย	ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย
3	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ	สามารถบำบัดสิ่งเจือปนออกจากน้ำได้ เช่น ของแข็ง เศษอาหาร กระดาษ ฯลฯ	ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย
4	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี	การบำบัดน้ำเสียโดยการใช้สารเคมี และที่ไม่ใช่สารเคมีที่มีอยู่ในท้องถิ่น	ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสีย
5	การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช	การนำน้ำที่บำบัดแล้วมาใช้ โดยใช้ในการปลูกผักบุ้งจีนและเปรียบเทียบกับการปลูกในน้ำประปา	ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องจากบทปฏิบัติการ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
6	การสร้างถังดักไขมัน	การแยกไขมันหรือน้ำมันออกจากน้ำทิ้งและให้นักเรียนออกแบบถังดักไขมัน	ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมการบำบัดน้ำเสีย
7	การปรับปรุงคุณภาพน้ำ	การปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อนำไปใช้ในกิจการต่างๆ ที่เหมาะสม	ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ

ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละบทประกอบด้วย

ชื่อบทปฏิบัติการ

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการ

หลักการ

จุดประสงค์

อุปกรณ์และสารเคมี

วิธีการทดลอง

รายงานผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1.1.6 ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการทั้ง 7 บทที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ แล้วนำมาปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำบทปฏิบัติการที่ปรับแก้แล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านสิ่งแวดล้อม 1 ท่าน คือ ดร. เปรมจิต บุญสาย สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านบทปฏิบัติการ 2 ท่าน คือ ดร. ชาตรี เกิดธรรม สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ อาจารย์สุมินทร์ อุตระไชย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน คือ ดร.ทวีพล จูฑะพล โ รงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์ลาวัลย์ ผดุงเรืองกิจ โรงเรียนวัดรางบัว พิจารณาความเหมาะสมของบทปฏิบัติการ โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินในแบบประเมิน บทปฏิบัติการในข้อที่ 1 เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ ข้อ 2 บทปฏิบัติการ ข้อ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง ผู้วิจัยนำผลการประเมินบทปฏิบัติการของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาปรับแก้ครั้งที่ 1 ตามคำแนะนำ

ผลการประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการทั้ง 3 ข้อ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเห็นด้วยกับบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก ซึ่งแสดงผลการพิจารณาในบทที่ 4 และมีข้อเสนอแนะให้ปรับแก้ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น สรุปได้ดังนี้

1. การเขียนสาระสำคัญ หลักการ ควรเขียนให้สอดคล้องกับชื่อบทปฏิบัติการ
2. คำถามท้ายการทดลองควรถามให้สอดคล้องและครอบคลุมกับจุดประสงค์ของการทดลอง
3. การตั้งจุดประสงค์การทดลองให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้
4. ควรตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของภาษาที่ใช้
5. ในส่วนของอุปกรณ์และสารเคมีของนักเรียนควรระบุให้ชัดเจน
6. ในส่วนของเนื้อหาความรู้ ควรปรับให้ครอบคลุมและเหมาะสมกับระดับของนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลการประเมินบทปฏิบัติการของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาปรับแก้ตามคำแนะนำเกี่ยวกับความเหมาะสมของเนื้อหา สาระสำคัญในใบความรู้ ตรวจสอบความชัดเจนของหลักการและจุดประสงค์ให้สอดคล้องกันและปรับคำถามท้ายการทดลองให้เหมาะสมกับผลการทดลองในทุกบทปฏิบัติการ

1.1.7 นำบทปฏิบัติการไปทดลองกับนักเรียน 1 คน มาปรับแก้ครั้งที่ 2

1.1.8 นำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 โรงเรียนวัดรางบัว กรุงเทพมหานคร ที่ไม่ใช่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่มๆ ละ 3 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เก่ง ปานกลาง อ่อน แล้วหาข้อบกพร่องต่างๆ เช่น ถ้อยคำภาษา ความน่าสนใจ ความยากง่ายของการทดลอง ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการทดลอง และส่วนประกอบอื่นๆ ของบทปฏิบัติการแต่ละบทแล้วนำมาปรับแก้ครั้งที่ 3

1.19 นำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.2 คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

การสร้างคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ ดำเนินการดังนี้

1.2.1. จัดทำรายละเอียดของคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ จำนวน 7 บท แต่ละบทประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

ชื่อบทปฏิบัติการ

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การทดลอง

เวลาในการทดลอง/เวลาในการสอน

สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การเตรียมก่อนล่วงหน้า วิธีการเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์

การอภิปรายก่อนการทดลอง ข้อควรปฏิบัติที่ควรบอกนักเรียนในขณะทำการทดลอง

ผลการทดลอง ที่ผู้วิจัยทดลองได้

การอภิปรายผลหลังการทดลอง

แนวคำตอบของคำถามท้ายการทดลอง

1.2.2 นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ แล้วนำมาปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจบทปฏิบัติการ ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา และองค์ประกอบทั้งหมด โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินในแบบประเมินคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ ผลการประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นด้วยกับคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการในระดับมาก ซึ่งแสดงผลการพิจารณาโดยสรุปในบทที่ 4 และมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ควรปรับปรุงจุดประสงค์การทดลองให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
2. ความชัดเจนของรูปภาพ
3. ควรตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ
4. ควรปรับปรุงแนวคำตอบของคำถามท้ายการทดลองให้สอดคล้องกับคำถามในบางข้อ
5. ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ ในส่วนของจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักการ และแนวคำตอบคำถามท้ายการทดลองให้สอดคล้องกับคำถาม เพื่อให้ได้คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และนำเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปดำเนินการดังนี้

2.1 ทดสอบก่อน ทำการประเมินด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ทดลองใช้บทปฏิบัติการกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดรางบัว เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 35 คน

2.3 การทดลองสอนจะกระทำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 ในชั่วโมงกิจกรรมอิสระ จำนวน 7 สัปดาห์ รวม 14 คาบ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที

2.4 รายละเอียดของการใช้บทปฏิบัติการ

ตาราง 4 รายละเอียดของการใช้บทปฏิบัติการ

ครั้งที่	จำนวนคาบ	บทปฏิบัติการ	การประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพของ 80 ตัวแรก
1	2	1. การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น	การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 1 ของนักเรียน
2	2	2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา	การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 2 ของนักเรียน
3	2	3. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ	การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 3 ของนักเรียน
4	2	4. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี	การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 4 ของนักเรียน
5	2	5. การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช	การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 5 ของนักเรียน
6	2	6. การสร้างถังดักไขมัน	การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 6 ของนักเรียน
7	2	7. การปรับปรุงคุณภาพน้ำ	การตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการที่ 7 ของนักเรียน

2.5 เมื่อนักเรียนเรียนครบทุกบทปฏิบัติการจะทำประเมินผลการเรียนรู้ ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาประสิทธิภาพ 80 ตัวหลังของบทปฏิบัติการ

2.6 ทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2

3. การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน

3.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1.1 ศึกษาวิธีการสร้างข้อสอบจากเอกสารและตำราต่างๆ เช่น เอกสารการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 ว.101 และเทคนิคการเขียนข้อสอบของ ชวาล แพรัตกุล. (2520 : 10-40)

3.1.2. นำผลการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาของบทปฏิบัติการแต่ละบทมาสร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่วัดออกเป็น 3 ด้าน คือ

3.1.2.1 ด้านความรู้ความจำ

3.1.2.2 ด้านความเข้าใจ

3.1.2.3 ด้านการนำไปใช้

3.1.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ แล้วนำมาปรับแก้ จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับที่ตรวจบทปฏิบัติการตรวจสอบการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านภาษา ผลการพิจารณาความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดส่วนใหญ่ได้ผล 3 ใน 5ท่านขึ้นไป ซึ่งแสดงว่าค่าดัชนีความสอดคล้องได้ค่าตั้งแต่ .60 ขึ้นไป สำหรับบางข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้วิจัยต้องนำไปปรับแก้ให้มีความถูกต้องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองสอน

3.1.4 นำแบบทดสอบที่ปรับแก้แล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบดังนี้

3.1.4.1 หาความยากง่าย (difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (discrimination) โดยใช้เทคนิค 27% แล้วนำไปเปิดตารางจุง เตห์ ฟาน (Fan. 1952 : 6 – 32)

3.1.4.2 เลือกใช้ข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .22 ขึ้นไป ผู้วิจัยคัดเลือกได้ 25 ข้อ เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบสำหรับการวิจัยครั้งนี้

3.1.4.3 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร KR- 20 ได้ค่าความเชื่อมั่น (ทั้งฉบับ) เท่ากับ .71 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ)

3.1.4.4 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยจะดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น หนังสืองานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.2.2 การวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 5 ทักษะ คือ

3.2.2.1 ทักษะการสังเกต

3.2.2.2 ทักษะการวัด

3.2.2.3 ทักษะการจำแนกประเภท

3.2.2.4 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

3.2.2.5 ทักษะการทดลอง

3.2.3 นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ แล้วนำมาปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ จากนั้นจึงนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านตรวจ ซึ่งเป็นชุดเดียวกับที่ตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตรวจลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านภาษา ผลการพิจารณาความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละข้อส่วนใหญ่ ได้ผล 3 ใน 5 ท่านขึ้นไป ซึ่งแสดงว่าค่าดัชนีความสอดคล้องได้ค่าตั้งแต่ .60 ขึ้นไป สำหรับข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้วิจัยได้ปรับแก้ให้มีความถูกต้องเหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปทดลองสอน

3.2.4 นำแบบทดสอบที่ปรับแก้แล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

3.2.4.1 หาความยากง่าย (difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (discrimiantion) โดยใช้เทคนิค 27 % แล้วนำไปเปิดตารางจุง เตห์ ฟาน (Fan. 1952 : 6 – 32)

3.2.4.2 ข้อสอบที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง .30 - .70 และค่าอำนาจจำแนก .22 ขึ้นไป ผู้วิจัยคัดเลือกได้ 25 ข้อ เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบสำหรับการวิจัยครั้งนี้

3.2.4.3 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR- 20 ได้ค่าความเชื่อมั่น (ทั้งฉบับ) เท่ากับ .65 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ)

3.2.4.4 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือวัด

1.1 หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบในรายข้อ (Item Analysis) ใช้เทคนิค 27 % โดยเปิดตารางของฟาน (Fan.1952 : 6 - 32)

สูตร $P = \frac{R}{N}$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

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

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

R_U แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

1.2 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร K.R. 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 123)

สูตร $r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{pq}{S_t^2}\right\}$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ = $\frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูกต้อง}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = 1-p

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

1.3 วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการและเนื้อหาของบทปฏิบัติการแต่ละบทที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 117)

$$\text{สูตร} \quad IC = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ IC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการและเนื้อหาของบทปฏิบัติการ

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหา

2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

2.1 การทดสอบเกณฑ์ 80/80 (เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 295)

2.2 การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test Dependent Sample (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 165)

2.1 การทดสอบเกณฑ์ 80/80

โดย 80 ตัวแรกหมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการทุกบทปฏิบัติการ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 หรือสูงกว่า คำนวณจากสูตร

$$\text{สูตร} \quad E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของการประเมินผลจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียนแยกเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

N แทน จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนของนักเรียนทุกคนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 หรือสูงกว่า คำนวณจากสูตร

$$\text{สูตร} \quad E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

N แทน จำนวนนักเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2 การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test Dependent Sample (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 165)

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

t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาใน t-distribution

D แทน ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ แบ่งการดำเนินการออกได้ดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการจากผลการทดลอง 7 บท ใน เรื่องการบำบัดน้ำเสีย (นำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ)

2. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน (เพื่อศึกษาผลของการใช้บทปฏิบัติการและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้)

ต่อไปนี้เป็นการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. <u>การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย</u>

การพัฒนาบทปฏิบัติการ จากผลการทดลองของผู้วิจัย ซึ่งการพัฒนาครั้งนี้ได้บทปฏิบัติการที่ใช้ในการศึกษา 7 บท และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช
บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่อง การสร้างถังดักไขมัน
บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการ และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แล้วนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สัญลักษณ์ ดังนี้

$\overline{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลบทปฏิบัติการ

S แทนค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผู้เชี่ยวชาญประเมินผลบทปฏิบัติการ

<u>ผลการวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการ และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

จากการตอบแบบประเมินบทปฏิบัติการของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ซึ่งเป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่าชนิด 5 ช่วง มีน้ำหนักคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 ผู้วิจัยได้คำนวณค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นในแต่ละส่วนและจัดระดับตามค่าเฉลี่ย เป็น 3 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 2.33 หมายถึง เห็นด้วยในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 2.34 - 3.66 หมายถึง เห็นด้วยในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 3.67 – 5.00 หมายถึง เห็นด้วยในระดับมาก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ ปรากฏดังตาราง

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการและคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

องค์ประกอบที่เสนอ	ค่าสถิติ	บทปฏิบัติการที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)	$\overline{X}$	3.88	3.82	4.28	4.33	4.48	4.22	4.35
	S	.72	.83	1.13	.50	1.33	.78	.83
	ระดับความคิดเห็น	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก
2. บทปฏิบัติการ	$\overline{X}$	4.30	4.30	4.23	4.31	4.46	4.30	4.43
	S	1.38	.90	.93	.86	.98	1.24	1.11
	ระดับความคิดเห็น	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง	$\overline{X}$	4.36	4.53	4.33	4.43	4.40	4.43	4.50
	S	.98	.81	1.03	.98	.63	.40	1.22
	ระดับความคิดเห็น	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก
4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ	$\overline{X}$	4.46	4.50	4.40	4.33	4.50	4.38	4.45
	S	1.15	1.08	.73	1.23	1.16	1.37	1.05
	ระดับความคิดเห็น	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก

จากตาราง 5 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับบทปฏิบัติการ 7 บท และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ โดยสรุป เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ บทปฏิบัติการ เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนในระดับมาก

2. <u>นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน</u>

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญที่เห็นด้วยกับบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก ผู้วิจัยจึงได้นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปททดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการตามเกณฑ์ 80/80 และหาผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน – หลังเรียน ของนักเรียน โดยใช้ t – test Dependent Sample

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง จำนวน 35 คน เพื่อศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ซึ่งได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละของแบบทดสอบทั้ง 3 แบบ

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	สัญลักษณ์	ค่าสถิติ	ร้อยละ
1. คำถามท้ายบทปฏิบัติการ	70	$\overline{X}$	56.54	80.77
		S	3.34	
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	25	$\overline{X}$	18.49	80.06
		S	3.04	
3. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	25	$\overline{X}$	21.54	
		S	2.18	

จากตาราง 6 ค่าร้อยละของคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ 80.77 / 80.06 แสดงว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

2. นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน

ตาราง 7 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลัง

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	$\overline{X}$	S	t**
กลุ่มทดลอง	ก่อนการเรียน	35	11.20	3.31	11.83
	หลังการเรียน	35	18.49	19.00	

t(.01 ; df 40) = 2.423

จากตาราง 7 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังของนักเรียน จากการเปิดตารางแบบทางเดียวค่า t ที่ระดับนัยสำคัญที่.01 ที่ df 40 ค่า t มีค่า 2.423 ซึ่งค่า t ที่คำนวณได้สูงกว่าค่า t ที่เปิดจาก

ตาราง แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังของนักเรียนที่ได้ทำบทปฏิบัติการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ในข้อที่ 2

บทที่ 5
สรุป อภิปรายและ ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียเป็นการวิจัยเชิงทดลองและศึกษาการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น โดยสามารถ สรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาค้นคว้า ได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

สมมติฐานของการวิจัย

1. บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 / 80
2. นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการ มีผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการเรียนแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีวิธีดำเนินการโดยสรุป ดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการจากผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้ทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1.1 บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นบทปฏิบัติการทดลอง 7 บท ใช้เวลาในการเรียนและทดลองปฏิบัติการละ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

1.2 คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการใช้สำหรับเป็นแนวทางในการสอน โดยใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นทั้ง 7 บทปฏิบัติการ

2. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย เป็นข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ชนิดเลือกตอบ (multiple choice) มี 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น .71

2.2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ ชนิดเลือกตอบ(multiple choice) มี 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น .65

วิธีดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองโดยสรุป ดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการ จากผลการทดลอง โดยดำเนินการดังนี้

1.1 พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย โดยนำผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองมาเขียนเป็นบทปฏิบัติการและพัฒนาบทปฏิบัติการให้ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องของน้ำเสียและวิธีการบำบัด

1.2 สร้างคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ โดยนำผลการทดลองที่ผู้วิจัยทำการทดลองมาเขียนเป็นคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ 7 บท เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสอนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

2. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

2.1 กลุ่มทดลองคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดรางบัว เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 35 คน

2.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่หาค่าความเชื่อมั่นเรียบร้อยแล้ว จำนวน 25 ข้อ ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนที่จะทำการสอน

2.3 ทำการสอนกลุ่มทดลองด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย 7 สัปดาห์ ๆ ละ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที) รวม 14 คาบ

2.4 ทำการทดสอบหลังจากเรียนบทปฏิบัติการจบทั้ง 7 บทแล้ว โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่หาค่าความเชื่อมั่นเรียบร้อยแล้ว

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการจากผลการทดลองคำนวณค่าสถิติพื้นฐานที่เกี่ยวข้องได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการประเมินผลบทปฏิบัติการ

2. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน คำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและคาเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนท้ายบทปฏิบัติการ ของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และหาผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ t-test dependent sample

ผลการศึกษาค้นคว้า

ผลการศึกษาค้นคว้าสรุปได้ ดังนี้

1. พัฒนาบทปฏิบัติการจากผลการทดลองของผู้วิจัย

บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย จำนวน 7 บท ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้) บทปฏิบัติการและเอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการ พร้อมคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

นำบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสียและคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินโดยใช้แบบประเมินบทปฏิบัติการ ปรากฏว่าหลังจากที่ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ประเมินแล้ว ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อบทปฏิบัติการโดยรวมอยู่ในระดับมาก

ได้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย และคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

2. นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพ

นำบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปทดลองสอนหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ ปรากฏว่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80 / 80 คือมีประสิทธิภาพ 80.77 / 80.06 และใช้สถิติ t – test หาจากผลต่างของผลสัมฤทธิ์ที่สอบก่อนเรียน – สอบหลังเรียน ได้ค่า t = 11.87 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ขั้นทดลองสอน นำบทปฏิบัติการไปทดลองสอนกับนักเรียนเพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน พบว่ามีค่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้ทำบทปฏิบัติการแตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการที่หนึ่ง การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ได้พัฒนาบทปฏิบัติการ 7 บท จากพื้นฐานการทดลองของผู้วิจัยเอง ซึ่งได้คำนึงถึง ความเหมาะสมในการทดลอง สารเคมี ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ให้เหมาะสมกับระดับชั้นในการเรียนการสอน ซึ่งบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

ประการที่สอง การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ให้สอดคล้องกับสภาพและปัญหาของน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน นักเรียนจะได้เรียนเกี่ยวกับ การตรวจสอบคุณภาพ

ของน้ำ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ และทำให้นักเรียนเกิดจิตสำนึกในการที่จะช่วยกันดูแลรักษา ทำให้นักเรียนมีความรู้และสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้จริง

ประการที่สาม บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย ใบความรู้ บทปฏิบัติการ หลักการ จุดประสงค์ อุปกรณ์และสารเคมี วิธีการทดลอง รายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง ซึ่งมีองค์ประกอบโดยรวมเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการเรียนการสอน สำหรับคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์การทดลอง สารเคมีและอุปกรณ์ การเตรียมการสอนก่อนล่วงหน้า อภิปรายก่อนการทดลอง รายงานผลการทดลอง อภิปรายหลังการทดลอง ซึ่งได้กำหนดเวลาในการดำเนินกิจกรรมเพื่อให้ครูสามารถใช้เวลาในการสอนกิจกรรมในแต่ละบทปฏิบัติการได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งแนวตอบคำถามท้ายการทดลองและรูปภาพประกอบผลการทดลอง สามารถช่วยให้ครูที่ใช้คู่มือครูมีความเข้าใจดียิ่งขึ้นอีกทั้งบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเป็นการสอนที่เน้นการทดลอง จึงสามารถจูงใจให้นักเรียนสนใจในกิจกรรมการทดลองและเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ดี

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทั้งหมด จึงทำให้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ใช้บทปฏิบัติการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิจัยพบว่า จากการนำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน พบว่ามีผลต่างของคะแนนก่อนและหลังเรียน โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

ประการที่หนึ่ง บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการหาคุณภาพตามเกณฑ์80/80 โดยอยู่ในเกณฑ์ 80.77 / 80.06 รวมถึงได้นำบทปฏิบัติการดังกล่าวไปหาคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ โดยบทปฏิบัติการดังกล่าวมีระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก

ประการที่สอง นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและในห้องทดลองได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ทำให้การทดลองดำเนินไปด้วยดีและรวดเร็ว ที่สำคัญที่สุดก็คือผลการทดลองที่ได้มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด (คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 134) และนอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนเกิดทักษะและมีใจรักวิทยาศาสตร์ใคร่ที่จะเรียนรู้ให้รู้ยิ่งขึ้นไปอีก (ปรีชา อมาตยกุล.2528: 38)

ประการที่สาม ขณะดำเนินการทดลองด้วยบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนที่มีความกระตือรือร้นต่อการเรียน ซึ่งอาจจะสืบเนื่องมาจากนักเรียนไม่ค่อยได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการ นักเรียนได้ทำการทดลองจริงอย่างเป็นระบบและมีกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเช่นกัน ในขั้นตอนของการเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการต่างๆ อันได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและทักษะการทดลอง โดยที่นักเรียนได้ทำการฝึกฝนเป็นรายบุคคล ด้วยเหตุนี้นักเรียนจึงมีโอกาสพัฒนาส่วนของการสร้าง

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้ได้ด้วยตนเอง (สมจิต สวธนไพบูลย์. 2526 : 66 - 73) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ ธร์อนไดด์ (อ้างจากอารี พันธ์มณี 2540 : 127) เกี่ยวข้องกับกฎแห่งการฝึก (Law of Excercise) ที่กล่าวว่าสิ่งใดก็ตามที่มีการฝึกหัดหรือมีการกระทำบ่อยๆ ย่อมทำให้ผู้นั้นมีความคล่องแคล่วและสามารถทำได้ดีกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก และก่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าสูงและส่งผลให้ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

การศึกษาค้นคว้าโดยการใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น พบว่าสภาพการเรียนการสอนในห้องเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ มีดังนี้

1.1 ในการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น พบว่านักเรียนยังไม่มีพื้นความรู้เกี่ยวกับการทดลองและการใช้สารเคมีในขณะทำการทดลอง ผู้สอนควรจะแก้ปัญหาด้วยการให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการทดลองและการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ อย่างระมัดระวัง จึงสรุปได้ว่าการสอนแบบบทปฏิบัติการทดลองควรมีการสอนความรู้พื้นฐานที่จะนำไปใช้ในการทดลอง เพราะถ้านักเรียนมีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพออาจเกิดปัญหาในการปฏิบัติการทดลองได้

1.2 ในการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องและเรียกชื่ออุปกรณ์ได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่เคยใช้อุปกรณ์บางชนิดมาก่อนเลย ผู้สอนจึงควรแนะนำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและสาธิตการใช้อุปกรณ์ก่อนที่จะให้นักเรียนทำการทดลองทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติที่ถูกต้อง

1.3 เกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการสอนบทปฏิบัติการ ปรากฏว่าบทปฏิบัติการที่ 1, 3, 4, 6 และ7 นักเรียนทำการทดลองได้ภายในเวลาและสามารถล้างอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยภายในเวลา 2 คาบ แต่บทปฏิบัติการที่ 2 และ 5 จะเป็นบทปฏิบัติการที่ต้องใช้เวลามาก เพราะจะต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนแล้วจึงนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไปปลูกพืชและยังต้องใชเวลาสังเกตการเจริญเติบโตของต้นพืช ดังนั้นในการทำการทดลองควรจะนำบทปฏิบัติการที่ 2 มาทำการทดลองก่อนเพื่อที่จะได้ต่อเนื่องไปถึงบทปฏิบัติการที่ 5

1.4 ผู้วิจัยเป็นผู้นำบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนสังเกตพบว่านักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมการทดลอง ซึ่งอาจจะสืบเนื่องมาจากนักเรียนได้มีโอกาสทำการทดลองจริง เมื่อได้ทำการทดลองจึงมีความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาคำตอบ แสดงว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นสามารถสอนนักเรียนให้ทำการทดลองและเขียนรายงานได้ แต่ก็ปรากฏว่ามีนักเรียนบางคนที่ตอบคำถามท้ายการทดลองได้ไม่ถูกต้องทุกข้อ เนื่องจากคำถามท้ายบทปฏิบัติการยาวเกิน

ไปหรือคำถามบางข้อไม่ชัดเจนทำให้นักเรียนสับสนได้ ฉะนั้นในการอภิปรายหลังการทดลองครูควรอภิปรายอย่างละเอียดและมีการซักถามเพื่อนำนักเรียนให้ร่วมอภิปรายและตอบคำถามในแนวทางเดียวกัน ซึ่งส่งผลทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสรุปความรู้ที่เรียนได้ดีขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

2.1. ควรนำบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ไปใช้กับนักเรียนในระดับอื่น

2.2. บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นอาจนำไปพัฒนาเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนได้รับความรู้เชิงทฤษฎี จากการได้ปฏิบัติจริงตรงตามจุดประสงค์ด้วยความรู้สึกที่น่าสนใจและรู้สึกสนุก ซึ่งจะเป็นแรงผลักดันให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นและอยากค้นคว้าเพิ่มเติม

ทั้งนี้อาจคัดเลือกหรือตัดตอนบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเฉพาะบางบทที่น่าสนใจไปใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กาญจนา เกียรติประวัติ. (2524). *วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน.* กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.

กัญญา ภิญญกิจ. (2538). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความสนใจในกิจกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

เกษม จันทร์แก้ว. (2530). *วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.* กรุงเทพฯ : โครงการบัณฑิตศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์.(2536).*วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่ม 1.*กรุงเทพฯ:มิตรนราการพิมพ์.

- - - - - - . (2539). *การบำบัดน้ำเสีย.* กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.

กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *คู่มือการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา เรื่อง "น้ำเสีย ,".* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2542). *มลพิษทางน้ำ.*กรุงเทพฯ:พิมพ์เผยแพร่โดยฝ่ายพัฒนาและผลิตสื่อ กองส่งเสริมและเผยแพร่.

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2539). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2535 -2539).* กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักนายกรัฐมนตรี.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2539). *สำนักงาน แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544).* กรุงเทพฯ : อรรถพลการพิมพ์.

ควบคุมมลพิษ, กรม. (2540). *ศัพท์บัญญัติและนิยามน้ำเสีย.* กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

จิต นวนแก้ว. (2532). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนอมพิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช* วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การศึกษาและการสอน) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ชวาล แพรัตกุล. (2520). *เทคนิคการเขียนข้อสอบ.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร.

ทวี จิตไมตรี. (2538). *การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย.* คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวีศักดิ์ ไชยยาโย.(2537).*การทดลองใช้แผนการสอนที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2.* นครพนม : ฝ่ายวิจัยและประเมินผลทางการศึกษา หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดนครพนม.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2530). *น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล*. กรุงเทพ ฯ :สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

------ (2537). *มลพิษน้ำ*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

นพภาพร พานิช. (2541). *สภาวะแวดล้อมของเรา*. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

น้อมฤดี จงพยุหะ. (2526). *คู่มือการศึกษาหลักการสอน*. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

บุญชม ศรีสะอาด. (2528). *พัฒนาหลักสูตรและการสอน*. คณะศึกษาศาสตร์ มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.

จันทนา เลิศสินไท และคนอื่นๆ. (2529). " การทดลองการสอนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในเขตการศึกษา 7," *การวิจัยการศึกษาและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา. กรุงเทพฯ .*

ประดับ เรืองมาลัย. (2524). *หลักการสอนและการเตรียมประสบการณ์ภาคปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ : อักษรบัณฑิต.

ประวิตร ชูศิลป์. (2524). *"หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่," ใน เอกสารนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 233 : หน่วยศึกษานิเทศก์*. กรุงเทพฯ : กรมฝึกหัดครู.

ปรีชา อมาตยกุล. (2528). *มิติใหม่ในการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. (2525). *แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผดุงยศ ด้วงมาลา. (2531, มิถุนายน - กันยายน). *"ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์" วารสารศึกษาศาสตร์*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 4(12) : 31 – 39.

พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. (2539). *เคมีสภาวะแวดล้อม*. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

------. (2538). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 6 (ฉบับปรับปรุงใหม่ล่าสุด) กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ไพศาล หวังพานิช. (2523). *การวัดผลทางการศึกษา* กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ภพ เลาหะไพบูลย์. (2537). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

มณีรัตน์ เกตุไสว. (2540). *ผลการจัดกิจกรรมการทดลองทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

มหาวิทยาลัย, ทบวง. (2525). *ชุดเสริมประสบการณ์สำหรับครูวิทยาศาสตร์.* คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์และผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย ถ่ายเอกสาร.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2538). *การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย.* คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาโนช วาทะพุกกณา. (2523). *สัมฤทธิ์ผลด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบุญวัฒนานครราชสีมา.* วิทยานิพนธ์. ศศ.ม. (การศึกษาและการสอน) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

รุ่งชีวา สุขดี. (2531). *การศึกษาผลการฝึกออกแบบทดลองในการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2531). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525.* พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.

ราชภัฏอุดรธานี, สถาบัน. (2539). *เอกสารประกอบการฝึกอบรม โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมสู่ภูมิภาคหลักสูตรการจัดการน้ำเสียและขยะมูลฝอย.* อุดรธานี : สถาบันราชภัฏอุดรธานี

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. (2540). *แนวคิดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษาบนพื้นฐานของขนบธรรมเนียมและประเพณีไทย เอกสารบรรยายวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา.* กรุงเทพฯ.

วนา ชลประเวส. (2526). *การเปรียบเทียบวิธีสอนแบบใช้เกณฑ์กับวิธีสอนแบบปฏิบัติการทดลองมีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* ปริญญานิพนธ์. กศ.ม. (การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทา วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วราภรณ์ กุศลมโน. (2534). *การนำความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันตามการรับรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในพื้นที่การพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออก.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

วารี ว่องพินัยรัตน์. (2530) *การสร้างข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะวิชาครุศาสตร์ วิทยาลัยสวนสุนันทาสหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์.

วิไลวรรณ ปิยะปกรณ์. (2535). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดกิจกรรมการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.* .ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2541). *คู่มือวิทยาศาสตร์เล่ม 1 ว 101 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

สาธารณสุข, กระทรวง. (2537). *คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.* กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2526). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สนอง ทองปาน. (2540). *การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้พลังงานในตัวเอง : กรณีศึกษาเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมศึกษา.* ปริญญานิพนธ์. กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

สมจิต สวธนไพบูลย์. *วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม.* กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ม.ป.ป.

- - - - - -. (2526). *การพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

- - - - - -. (2541). *เอกสารคำสอน วิชา กว.571 ประชุมปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : ภาควิชา หลักสูตรและการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สุเทพ อุดสาหะ. (2526). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา.* มหาสารคาม สหบัณฑิต.

สุนทรี วัฒนพันธ์. (2535). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภททดลองกับการสอนตามคู่มือครู.*ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

สุมาลี ดำรงไชย. (2537). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบฝึกการทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

สุรจิต สุขกันตะ. (2530). *การตรวจวัดคุณภาพบางประการของน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี.* วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

สุรภี โรจน์อารยานนท์. (2530). *สภาวะแวดล้อมของเราตอนมลพิษสภาวะแวดล้อม*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

สุวิมล เขียวแก้ว. (2527). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. สงขลา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. (2524). *การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแหล่งชุมชน*. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อดิศักดิ์ ฤาชา. (2530). *การศึกษาการจัดกลุ่มนักเรียนทำปฏิบัติการแยกกลุ่มอิสระ กลุ่มคละและกลุ่มเหมือน ที่มีต่อการเรียนรู้ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เจตคติเชิง วิทยาศาสตร์และความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2529*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม (การมัธยมศึกษา) มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

อภิรดี สุวีรานนท์. (2532). *การศึกษาผลการฝึกการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่3*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

อโนทัย อุเทนสุต. (2538). *องค์การจัดการน้ำเสีย*. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ.

อารายา แสงไชย. (2537). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 ที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะโดยจัดกิจกรรมการทดสอบแบบกำหนดแนวทางและไม่กำหนดแนวทาง*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

อารี พันธ์มณี. (2540). *จิตวิทยา*. กรุงเทพฯ : เลิฟ แอนด์ ลิฟ เพรสพิมพ์.

อัญชลี ไสยวรรณ. (2531). *การศึกษาเปรียบเทียบผลของการจัดประสบยการณ์แบบปฏิบัติการทดลองกับแบบผสมผสานที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาปฐมวัย) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

อรอุมา ละมุล. (2541). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก ที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

Al – Ruwashid, Mohammed Suliman. (1984, March). "The Effect of a Lecture Only and Lecture Laboratory Approach on Riyadh Junior College, Saudi Arabia Chemistry Students Achievement and Attitudes," *Dissertation Abstracts Internaional.* 44 (9) : 5428 – A.

Anderson, Charles Raymond. (1978,August). "The Effectiveness of a Simulation Learning Game in Teaching Consumer Credit to Senior High School Student in Comparison to a Conventional Approach to Instruction," *Dissertation Abstract International.* 39 (2) : 670-671A.

Beasley, warren Frederick. (1979, March). "The Effect of Physical and Mental Practice of Psychomotor Skills on chemistry student Laboratory Performance," *Dissertation Abtracts International.* 39 (9) : 5428-A.

Cronbach, L.J. (1970). *Essentials of Phychological Testing.* New York : Harper and Row Publisher.

Eckenfelder, JR.W. (1966). *Industrial Water Pollution Control.* New York : McGraw-Hill Book Company.

EPA. (1973). *Water Quality Criteria 1972.* A Report of the Committee on Quality Criteria. Environmental Studies Board U.S. Washington D.C.: Government Printing office.

Fan,Chung – Teh. (1956). *Item Analysis Table.* New Jersy : Education Testing Service.

Gable, Dorothyl., and Rubba Peter A. (1977, October - December). "The Effect of Early Teaching and Training on Physics Achievment, Attitude Towards Science and Science Teaching and Process Skill Proficiency," *Science Education.* 61(4) : 503 - 511

Hoff, Arthur G. (1950). *Secondary – School Science Teaching.* Toronto :Philadelphiatht Blaskiston company.

IUPAC. (1979). *The Teaching of Chemical International Between Secondary and Tertiary Levels.* Irland.

Lunetta, Vincent N., Hofstein, Avi and Gidding Geoffrey. (1981, January). "Evaluating Science Laboratory Skills," *The Science Teacher.* 48 (1) : 22-25.

McMeen, Joy Lee Windle. (1983, January). "The Roles of the Chemistry Inquiry – Oriented Laboratory Approach in Faciliting Cognitive Growth and Development,"*Dissertation Abstracts International.* 40 (6) : 130 A .

Odubunmi, Olagunju and T.A. Balogun. (1991, March). " The Effect of Laborratory and Lecture Teaching Methods on Cognitive Achievement in Integrated Science," *Journal of Research in Science Teaching.* 28 (3) : 213 – 224;

Okebukolyh, Peter Akiinsola. (1985, March). "Science Laboratory Behavior Strategies of Students Relate to Per formance and Attitude to Laboratory Work," *Journal of Research in Science Teaching.* 22 (3) : 221-231.

Oschwald,W.R. (1972). " Sediment – Water Interactions. J. *Environ. Qual.*" 1(4) : 360-366.

Pappelis, C.K., Pohlmann and A.J. Pappe His. (1980, January) "Can Instruction Improve Science Process Skills of Premedical and Predental Students." *Journal of Research in Science Teaching.* 17(1) : 25 –29.

Perez, Linda, (1982, February). "Laboratory Teaching in High School Science," *The Science Teacher.* 49 (2) : 20 – 21.

Reid, G.K. (1961). *Ecology of Inland Water Estuaries.* New York : Reinhold Publishing Corporation Chapman and Hall, Ltd.,.

Riley, Joseph Philip. (1975, February). "The Effects of Science process Training on Preservice Elementary Teacher ' s Process Skill Abilities, Understanding of Science, and Attitudes Toward Science and Science Teaching," *Dissertation Abstracts International.* 35 (8) : 5152 – A.

Rubin, Rochelle Leventhal. (1989,June). "Using a Systematic modeling teaching strategy to promote the development of integrated science process skill and formal cognitive reasoning ability (reasoning)," *Dissertion Abstracts.* 49(12) : 3676 – 3679 A

Shymansky, J.A. and C. Matthews. (1974,February). "A Comparative Laboratory Study of the Effects of Two Teaching Patterns on Certain Aspects of Behavior of Students in Fifth Grade Seience," *Journal of Research Science Teaching.* 11(1) : 157 - 168

Yanek, Eugenia Ann Popporad. (1974, September). "Acomparative Study of Selected Science Teaching Material (ESS) and Textbook Approach on Classifying," *Abstract Internation.* 35(3) : I 522 – A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำปริญญานิพนธ์

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ ในการแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขเครื่องมือเพื่อทำปริญญานิพนธ์

1. ดร. เปรมจิตร บุญสาย
   สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์
2. ดร. ชาตรี เกิดธรรม
   สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์
3. ดร. ทวีพล จูฑะพล
   โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
4. อาจารย์สุมินทร์ อุดระไชย
   โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
5. อาจารย์ลาวัลย์ ผดุงเรืองกิจ
   โรงเรียนวัดรางบัว

ที่ ทม 1012/ 02/90

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

4 กรกฎาคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดี สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทปฏิบัติการ

เนื่องด้วย นายสุรพล วิหคไพบูลย์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา เล็กสกุล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ ดร.เปรมจิตร บุญสาย และ อาจารย์ ดร.ชาตรี เกิดธรรม เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจ แบบประเมินบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายสุรพล วิหคไพบูลย์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5664
โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ 02165

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

3 กรกฎาคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทปฏิบัติการ

เนื่องด้วย นายสุรพล วิหคไพบูลย์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา เล็กสกุล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์สุมินทร์ อุตระไชย เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายสุรพล วิหคไพบูลย์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5664
โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ ๐๒๑๖๖

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

3 กรกฎาคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทปฏิบัติการ

เนื่องด้วย นายสุรพล วิหคไพบูลย์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา เล็กสกุล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ ดร.ทวีพล จูฑะพล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายสุรพล วิหคไพบูลย์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5664
โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/๐๕๑๖๗

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

3 กรกฎาคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดรางบัว

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทปฏิบัติการ

เนื่องด้วย นายสุรพล วิหคไพบูลย์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา เล็กสกุล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ลาวัลย์ ผดุงเรืองกิจ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินบทปฏิบัติการ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายสุรพล วิหคไพบูลย์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5664
โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ 02453

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

24 กรกฎาคม 2543

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนนทบุรีพิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายสุรพล วิหคไพบูลย์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา เล็กสกุล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่และขอให้นักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 33 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2543

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายสุรพล วิหคไพบูลย์ ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5726, 5646
โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ 1553

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

สิงหาคม 2543

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนวัดรางบัว

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ และบทปฏิบัติการ

เนื่องด้วย นายสุรพล วิหคไพบูลย์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย วีระวัฒนานนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา เล็กสกุล เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขออนุญาตใช้สถานที่ และขอให้นักเรียนมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 1 จำนวน 50 คน ทำแบบทดสอบการบำบัดน้ำเสีย และทำบทปฏิบัติการ ในระหว่างเดือนสิงหาคม 2543

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายสุรพล วิหคไพบูลย์ ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5726, 5646
โทรสาร. 258-4119

ภาคผนวก ข

แบบประเมินผลบทปฏิบัติการ
แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรียนท่านผู้เชี่ยวชาญที่เคารพ

เนื่องด้วยข้าพเจ้าได้สร้างบทปฏิบัติการ เรื่องการบำบัดน้ำเสีย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 7 หน่วยการเรียน 7 บทปฏิบัติการ ในแต่ละหน่วยการเรียนประกอบด้วย ใบความรู้ ประกอบบทปฏิบัติการ บทปฏิบัติการและคำถามท้ายการทดลอง พร้อมทั้งได้จัดทำคู่มือครูประกอบการสอน โดยมีความมุ่งหมายให้เหมาะสมกับสภาพสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันและนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้ ดังนั้นเพื่อที่จะได้ข้อมูลมาปรับปรุงบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ตามแบบประเมินซึ่งได้แนบมาแต่ละบทปฏิบัติการ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงบทปฏิบัติการให้สมบูรณ์และเหมาะสมยิ่งขึ้น

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง
นายสุรพล วิหคไพบูลย์

คำชี้แจงเกี่ยวกับการตอบแบบประเมิน

แบบประเมินบทปฏิบัติการมี 7 บท แต่ละบทประกอบด้วย 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)

ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการ

ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลลอง

ส่วนที่ 4 คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็นสำหรับแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง บทปฏิบัติการทั้ง 7 บท โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างในตัวเลข 5 4 3 2 และ 1 ตามความหมายดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

แบบประเมินบทปฏิบัติการ
หน่วยการเรียนที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงบทปฏิบัติการเหล่านี้ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในคู่มือครู)					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน					
1.3 เนื้อหาสมบูรณ์					
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด (เวลาที่กำหนดอยู่ในคู่มือครู)					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหาชัดเจน					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการ					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					

	5	4	3	2	1
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 ใจความชัดเจนเพียงใด					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
2.3 วิธีการทดลอง					
2.3.1 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
2.3.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
2.3.4 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด					
2.3.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น					
2.3.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
2.3.8 การใช้ภาษาชัดเจน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายการทดลอง					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง					
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2.3 จำนวนข้อในคำถามเหมาะสม					
3.2.4 มีความยาวพอเหมาะ					
3.2.5 ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และการนำไปใช้เพียงใด					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

	5	4	3	2	1
4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ					
4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน					
4.2 จุดประสงค์การทดลองชัดเจน					
4.3 สารเคมีและอุปกรณ์เหมาะสม					
4.4 ข้อเสนอแนะในการเตรียมล่วงหน้าเหมาะสม					
4.5 ข้อเสนอแนะในการอภิปรายก่อนการทดลองเหมาะสม					
4.6 รูปภาพประกอบผลการทดลองเหมาะสม					
4.7 อภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
4.8 การใช้ภาษา					
4.8.1 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
4.8.2 ไม่วกวน					
4.8.3 ชวนอ่าน					
4.9 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
4.10 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินบทปฏิบัติการ
หน่วยการเรียนที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงบทปฏิบัติการเหล่านี้ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในคู่มือครู)					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน					
1.3 เนื้อหาสมบูรณ์					
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด (เวลาที่กำหนดอยู่ในคู่มือครู)					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหาชัดเจน					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการ					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					

	5	4	3	2	1
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 ใจความชัดเจนเพียงใด					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
2.3 วิธีการทดลอง					
2.3.1 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
2.3.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
2.3.4 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด					
2.3.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น					
2.3.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
2.3.8 การใช้ภาษาชัดเจน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายการทดลอง					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง					
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2.3 จำนวนข้อในคำถามเหมาะสม					
3.2.4 มีความยาวพอเหมาะ					
3.2.5 ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และการนำไปใช้เพียงใด					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

	5	4	3	2	1
4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ					
4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน					
4.2 จุดประสงค์การทดลองชัดเจน					
4.3 สารเคมีและอุปกรณ์เหมาะสม					
4.4 ข้อเสนอแนะในการเตรียมล่วงหน้าเหมาะสม					
4.5 ข้อเสนอแนะในการอภิปรายก่อนการทดลองเหมาะสม					
4.6 รูปภาพประกอบผลการทดลองเหมาะสม					
4.7 อภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
4.8 การใช้ภาษา					
4.8.1 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
4.8.2 ไม่วกวน					
4.8.3 ชวนอ่าน					
4.9 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
4.10 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินบทปฏิบัติการ
หน่วยการเรียนที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงบทปฏิบัติการเหล่านี้ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในคู่มือครู)					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน					
1.3 เนื้อหาสมบูรณ์					
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด (เวลาที่กำหนดอยู่ในคู่มือครู)					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหาชัดเจน					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการ					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					

	5	4	3	2	1
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 ใจความชัดเจนเพียงใด					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
2.3 วิธีการทดลอง					
2.3.1 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
2.3.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
2.3.4 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด					
2.3.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น					
2.3.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
2.3.8 การใช้ภาษาชัดเจน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายการทดลอง					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง					
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2.3 จำนวนข้อในคำถามเหมาะสม					
3.2.4 มีความยาวพอเหมาะ					
3.2.5 ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และการนำไปใช้เพียงใด					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

	5	4	3	2	1
4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ					
4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน					
4.2 จุดประสงค์การทดลองชัดเจน					
4.3 สารเคมีและอุปกรณ์เหมาะสม					
4.4 ข้อเสนอแนะในการเตรียมล่วงหน้าเหมาะสม					
4.5 ข้อเสนอแนะในการอภิปรายก่อนการทดลองเหมาะสม					
4.6 รูปภาพประกอบผลการทดลองเหมาะสม					
4.7 อภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
4.8 การใช้ภาษา					
4.8.1 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
4.8.2 ไม่วกวน					
4.8.3 ชวนอ่าน					
4.9 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
4.10 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินบทปฏิบัติการ
หน่วยการเรียนที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงบทปฏิบัติการเหล่านี้ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในคู่มือครู)					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน					
1.3 เนื้อหาสมบูรณ์					
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด (เวลาที่กำหนดอยู่ในคู่มือครู)					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหาชัดเจน					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการ					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					

	5	4	3	2	1
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 ใจความชัดเจนเพียงใด					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
2.3 วิธีการทดลอง					
2.3.1 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
2.3.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
2.3.4 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด					
2.3.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น					
2.3.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
2.3.8 การใช้ภาษาชัดเจน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายการทดลอง					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง					
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2.3 จำนวนข้อในคำถามเหมาะสม					
3.2.4 มีความยาวพอเหมาะ					
3.2.5 ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และการนำไปใช้เพียงใด					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

	5	4	3	2	1
4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ					
4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน					
4.2 จุดประสงค์การทดลองชัดเจน					
4.3 สารเคมีและอุปกรณ์เหมาะสม					
4.4 ข้อเสนอแนะในการเตรียมล่วงหน้าเหมาะสม					
4.5 ข้อเสนอแนะในการอภิปรายก่อนการทดลองเหมาะสม					
4.6 รูปภาพประกอบผลการทดลองเหมาะสม					
4.7 อภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
4.8 การใช้ภาษา					
4.8.1 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
4.8.2 ไม่วกวน					
4.8.3 ชวนอ่าน					
4.9 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
4.10 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินบทปฏิบัติการ
หน่วยการเรียนที่ 5 เรื่อง การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช
บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงบทปฏิบัติการเหล่านี้ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในคู่มือครู)					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน					
1.3 เนื้อหาสมบูรณ์					
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด (เวลาที่กำหนดอยู่ในคู่มือครู)					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหาชัดเจน					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการ					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					

	5	4	3	2	1
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 ใจความชัดเจนเพียงใด					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
2.3 วิธีการทดลอง					
2.3.1 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
2.3.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
2.3.4 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด					
2.3.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น					
2.3.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
2.3.8 การใช้ภาษาชัดเจน					
.....					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายการทดลอง					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง					
3.2.3 จำนวนข้อในคำถามเหมาะสม					
3.2.4 มีความยาวพอเหมาะ					
3.2.5 ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และการนำไปใช้เพียงใด					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

	5	4	3	2	1
4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ					
4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน					
4.2 จุดประสงค์การทดลองชัดเจน					
4.3 สารเคมีและอุปกรณ์เหมาะสม					
4.4 ข้อเสนอแนะในการเตรียมล่วงหน้าเหมาะสม					
4.5 ข้อเสนอแนะในการอภิปรายก่อนการทดลองเหมาะสม					
4.6 รูปภาพประกอบผลการทดลองเหมาะสม					
4.7 อภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
4.8 การใช้ภาษา					
4.8.1 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
4.8.2 ไม่วกวน					
4.8.3 ชวนอ่าน					
4.9 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
4.10 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินบทปฏิบัติการ
หน่วยการเรียนที่ 6 เรื่อง การสร้างถังดักไขมัน
บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่อง การสร้างถังดักไขมัน

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงบทปฏิบัติการเหล่านี้ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในคู่มือครู)					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน					
1.3 เนื้อหาสมบูรณ์					
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด (เวลาที่กำหนดอยู่ในคู่มือครู)					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหาชัดเจน					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการ					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					

	5	4	3	2	1
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 ใจความชัดเจนเพียงใด					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
2.3 วิธีการทดลอง					
2.3.1 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
2.3.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
2.3.4 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด					
2.3.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น					
2.3.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
2.3.8 การใช้ภาษาชัดเจน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายการทดลอง					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง					
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2.3 จำนวนข้อในคำถามเหมาะสม					
3.2.4 มีความยาวพอเหมาะ					
3.2.5 ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และการนำไปใช้เพียงใด					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ	5	4	3	2	1
4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน					
4.2 จุดประสงค์การทดลองชัดเจน					
4.3 สารเคมีและอุปกรณ์เหมาะสม					
4.4 ข้อเสนอแนะในการเตรียมล่วงหน้าเหมาะสม					
4.5 ข้อเสนอแนะในการอภิปรายก่อนการทดลองเหมาะสม					
4.6 รูปภาพประกอบผลการทดลองเหมาะสม					
4.7 อภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
4.8 การใช้ภาษา					
4.8.1 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
4.8.2 ไม่วกวน					
4.9 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
4.10 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินบทปฏิบัติการ
หน่วยการเรียนที่ 7 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

โปรดวิจารณ์และให้ความคิดเห็น สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงบทปฏิบัติการเหล่านี้ โดยกาเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ท่านต้องการ

	5	4	3	2	1
1. เอกสารประกอบบทปฏิบัติการ (ใบความรู้)					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้อยู่ในคู่มือครู)					
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน					
1.3 เนื้อหาสมบูรณ์					
1.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด (เวลาที่กำหนดอยู่ในคู่มือครู)					
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม					
1.6 ตัวอย่างประกอบเนื้อหาชัดเจน					
1.7 การใช้ภาษา					
1.7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
1.7.2 ไม่วกวน					
1.7.3 ชวนอ่าน					
ข้อเสนอแนะ.....					
.....					
.....					
.....					
2. บทปฏิบัติการ					
2.1 หลักการ					
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ					
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					

	5	4	3	2	1
2.2 จุดประสงค์					
2.2.1 ใจความชัดเจนเพียงใด					
2.2.2 ประเมินผลได้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
2.3 วิธีการทดลอง					
2.3.1 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม					
2.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
2.3.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
2.3.4 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด					
2.3.6 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น					
2.3.7 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
2.3.8 การใช้ภาษาชัดเจน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
3. เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง					
3.1 เอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม					
3.2 คำถามท้ายการทดลอง					
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง					
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2.3 จำนวนข้อในคำถามเหมาะสม					
3.2.4 มีความยาวพอเหมาะ					
3.2.5 ส่งเสริมด้านทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. และการนำไปใช้เพียงใด					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

	5	4	3	2	1
4. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ					
4.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน					
4.2 จุดประสงค์การทดลองชัดเจน					
4.3 สารเคมีและอุปกรณ์เหมาะสม					
4.4 ข้อเสนอแนะในการเตรียมล่วงหน้าเหมาะสม					
4.5 ข้อเสนอแนะในการอภิปรายก่อนการทดลองเหมาะสม					
4.6 รูปภาพประกอบผลการทดลองเหมาะสม					
4.7 อภิปรายหลังการทดลองเหมาะสม					
4.8 การใช้ภาษา					
4.8.1 มีความยากง่ายพอเหมาะ					
4.8.2 ไม่วกวน					
4.8.3 ชวนอ่าน					
4.9 แนวคำตอบท้ายการทดลองชัดเจน					
4.10 คู่มือครูประกอบการสอนมีประโยชน์					

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมิน
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่องการบำบัดน้ำเสีย

โดย : ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และการวัดผลประเมินผล

คำชี้แจง

1. การประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย เพื่อวิเคราะห์หาค่า IC แบ่งคุณลักษณะที่ต้องการประเมินออกได้ดังนี้

1.1 ความชัดเจนของคำถาม

1.2 ความสอดคล้องกับจุดประสงค์

1.3 ความเหมาะสมของตัวเลือก

2. เกณฑ์การประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และด้านการประเมินผล มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+ 1 = เมื่อท่านแน่ใจว่าข้อสอบนั้น สามารถวัดได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

0 = เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้น สามารถวัดได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

- 1 = เมื่อท่านแน่ใจว่าข้อสอบนั้น ไม่สามารถวัดได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3. ในการประเมินครั้งนี้ให้ท่านทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ท่านพิจารณาแล้วตามเกณฑ์แต่ละข้อ

4. ในการประเมินครั้งนี้ให้ท่านแก้ไขข้อคำถาม ตัวเลือกและภาษา ลงในข้อสอบได้ตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

o oooooooooooooooooo oooooo

บันทึกความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ตาราง 8 แบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ความชัดเจนของคำถาม			ความสอดคล้องกับจุดประสงค์			ความเหมาะสมของตัวเลือก			ข้อที่	ความชัดเจนของคำถาม			ความสอดคล้องกับจุดประสงค์			ความเหมาะสมของตัวเลือก		
	+1	0	-1	+1	0	-1	+1	0	-1		+1	0	-1	+1	0	-1	+1	0	-1
1										21									
2										22									
3										23									
4										24									
5										25									
6										26									
7										27									
8										28									
9										29									
10										30									
11										31									
12										32									
13										33									
14										34									
15										35									
16										36									
17										37									
18										38									
19										39									
20										40									

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ตาราง 9 แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความชัดเจนของคำถาม			ความสอดคล้องกับจุดประสงค์			ความเหมาะสมของตัวเลือก			ข้อที่	ความชัดเจนของคำถาม			ความสอดคล้องกับจุดประสงค์			ความเหมาะสมของตัวเลือก		
	+1	0	-1	+1	0	-1	+1	0	-1		+1	0	-1	+1	0	-1	+1	0	-1
1										21									
2										22									
3										23									
4										24									
5										25									
6										26									
7										27									
8										28									
9										29									
10										30									
11										31									
12										32									
13										33									
14										34									
15										35									
16										36									
17										37									
18										38									
19										39									
20										40									

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย
คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการ

เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

คำนำ

บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ฉบับนี้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนแก่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในวิชา ว101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 บทปฏิบัติการนี้เน้นปฏิบัติการทดลอง โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง โดยหวังว่าจะเกิดเป็นจิตสำนึกและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี นอกจากนี้ยังเป็นการจุดประกายให้ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ นำไปใช้เป็นแบบอย่างหรือเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น

ในบทปฏิบัติการนี้มีทั้งหมด 7 บท ในแต่ละบทประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ คือ จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อประกอยการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนด้านพุทธิพิสัยและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนสามารถนำบทปฏิบัติการไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้ทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลอง จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น

ตัวอย่างบทปฏิบัติการที่นำเสนอครั้งนี้เป็นเพียงแนวคิดหรือแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติการทดลองเท่านั้น นักเรียนและผู้ที่สนใจสามารถเลือกปฏิบัติตามความสนใจและตามความพร้อมของโรงเรียน หรือสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ในแต่ละท้องถิ่นได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพโรงเรียนของตนเองและเป็นแนวทางในการวิจัยในอนาคตต่อไป

คำแนะนำการใช้บทปฏิบัติการ

การใช้บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาขาดแคลนเอกสารและบทปฏิบัติการในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ว 101) โดยอาศัยคำอธิบายรายวิชามาพัฒนาแนวคิดในการสร้างบทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถนำไปปฏิบัติในชีวิตจริงได้

2. ระยะเวลาในการเรียนการสอนในบทปฏิบัติการนี้คือ 14 คาบ คาบละ 50 นาที

3. ผู้เรียนตามบทปฏิบัติการนี้คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเฉพาะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

4. ผู้สอนที่จะใช้บทปฏิบัติการนี้ควรเป็นครู หรืออาจารย์ที่สอนในวิชาวิทยาศาสตร์

5. บทปฏิบัติการนี้ควรใช้ควบคู่กับคู่มือครูและแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น

6. ควรดำเนินการสอนเรียงลำดับจากบทปฏิบัติการที่ 1 ไปจนถึงบทปฏิบัติการที่ 7 ซึ่งเป็นบทปฏิบัติการสุดท้าย

7. ในส่วนที่เป็นเนื้อหาและบทปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นได้

เนื้อหาของบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการเรื่อง การบำบัดน้ำเสีย เป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ ว.101 ที่เน้นการจัดการเรียนการสอนแบบหน่วยการเรียนในลักษณะปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 7 บท ดังนี้

หน่วยการเรียนที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น
หน่วยการเรียนที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
หน่วยการเรียนที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
หน่วยการเรียนที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
หน่วยการเรียนที่ 5 เรื่อง การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ในการปลูกพืช
บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่อง การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ในการปลูกพืช
หน่วยการเรียนที่ 6 เรื่อง การสร้างถังดักไขมัน
บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่อง การสร้างถังดักไขมัน
หน่วยการเรียนที่ 7 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่อง การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ตาราง 10 การแบ่งช่วงเวลาในการเรียนการสอน

ครั้งที่	จำนวนคาบ	เนื้อหา	การประเมิน
1	2	การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น บทปฏิบัติการที่ 1	คำถามท้ายบทปฏิบัติการ
2	2	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา บทปฏิบัติการที่ 2	คำถามท้ายบทปฏิบัติการ
3	2	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ บทปฏิบัติการที่ 3	คำถามท้ายบทปฏิบัติการ
4	2	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี บทปฏิบัติการที่ 4	คำถามท้ายบทปฏิบัติการ
5	2	การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในกระบวนการปลูกพืช บทปฏิบัติการที่ 5	คำถามท้ายบทปฏิบัติการ
6	2	การสร้างถังดักไขมัน บทปฏิบัติการที่ 6	คำถามท้ายบทปฏิบัติการ
7	2	การปรับปรุงคุณภาพน้ำ บทปฏิบัติการที่ 7	คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

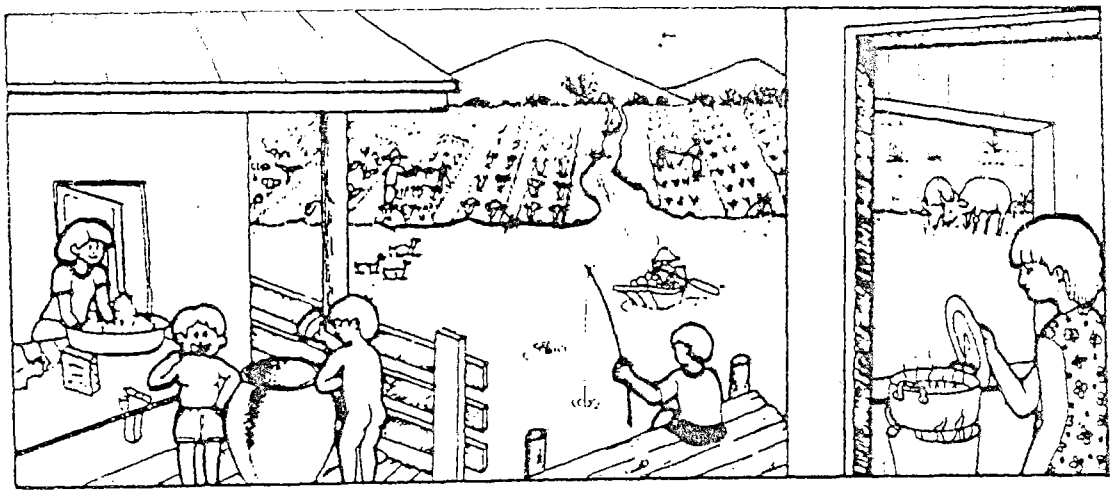
เมื่อครบทุกบทปฏิบัติการจะประเมินผลการเรียนรวมด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 1
การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

สาระสำคัญ

"น้ำ" คืออะไร

ในสมัยโบราณมักกล่าวกันว่า น้ำมาจากฝน ฝนมาจากฟ้าและมีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรอยู่ตลอดเวลา โดยอาศัยตัวการหลายอย่าง เช่น ความร้อน ลม พืชและสัตว์ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอลอยอยู่ในอากาศไอเหล่านั้นจะควบแน่นเป็นหยดน้ำรวมกันเป็นเมฆตกลงมาเป็นฝน เราจะพบน้ำได้ตามแหล่งต่าง ๆ เช่น ห้วย คลอง บึง เป็นต้น และได้นำน้ำมาใช้ในชีวิตประจำวันหลายอย่าง เช่น ซักผ้า อาบน้ำ ดื่ม หุงต้มอาหาร รดน้ำต้นไม้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 การใช้น้ำเพื่อชีวิต

ในปัจจุบันเราใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคอย่างสะดวกสบายและค่อนข้างฟุ่มเฟือย เนื่องจากเราคิดกันว่าว่าน้ำเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วไม่หมดสิ้น จึงทำให้เราละเลยและมองข้ามคุณค่าของน้ำ ซึ่งนอกจากจะไม่รักษาให้อยู่ในสภาพที่ดีแล้วยังกลับทำลายโดยทิ้งสิ่งสกปรกโสโครกต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์ที่ต้องการใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตก็ต้องใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมากขึ้นด้วย ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดน้อยลง จนในที่สุดเหลือก๊าซออกซิเจนอยู่น้อยกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร จัดว่าเป็น "น้ำเสีย" ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำขาดออกซิเจนและตายได้ในที่สุด ภาวะการณ์เช่นนี้ทำให้จุลินทรีย์อีกพวกหนึ่งซึ่งไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตจะย่อยสลายสิ่งสกปรกโสโครกต่างๆ แทน ซึ่งก่อให้เกิดสารมีกลิ่นเหม็นและมีสีดำ ดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 น้ำเสีย

น้ำเสียอาจเกิดจากองค์ประกอบต่างๆ คือ

1. สารอินทรีย์ ได้แก่ เศษอาหาร น้ำมันทอดอาหาร เศษใบไม้ ตลอดจนอุจจาระและปัสสาวะ ฯลฯ

2. สารอนินทรีย์ เป็นสารที่เมื่อทิ้งลงในแหล่งน้ำมากๆ แหล่งน้ำจะไม่เน่าแต่เราจะนำน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์ได้ไม่สะดวก เพราะมีสารเคมีและเศษโลหะต่างๆ

3. ปริมาณของแข็ง คือ ของแข็งที่ละลายในน้ำและของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ อาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้

4. สีและความขุ่น มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ ส่วนสัตว์น้ำไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้เพราะสีเหล่านั้นอาจมีสารพิษเจือปน

5. กลิ่น คือ น้ำสะอาดเป็นน้ำที่ไม่มีกลิ่น น้ำที่มีกลิ่นอาจจะเป็นน้ำเสีย ส่วนมากแล้วเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ

6. กรด-เบส ถ้าน้ำมีค่า pH ต่ำกว่า 7 เป็นกรด หรือสูงกว่า 7 เป็นเบส และถ้า pH อยู่ที่ 7 เป็นกลาง ดังนั้นความเป็นกรด – เบสจึงเป็นตัวชี้วัดน้ำเสียได้ ค่า pH ของน้ำดีคือ pH 5 - 9

7. อุณหภูมิ น้ำที่อุณหภูมิปกติต้องไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิของน้ำร้อนกว่านี้ หรือเย็นจัดเกินไปจะทำให้สิ่งมีชีวิตหลายชนิดไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

บทปฏิบัติการที่ 1
การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

หลักการ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น คือ การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำ ที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้ประสาทสัมผัส รวมทั้งการใช้อุปกรณ์ และสารเคมีที่หาได้ง่าย ลักษณะทางกายภาพที่สามารถตรวจสอบได้ง่าย เช่น อุณหภูมิ สีและความขุ่น กลิ่น ความเป็นกรด–เบส และสารแขวนลอย เป็นต้น และเมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าลักษณะทางกายภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิม และมีค่าต่างจากเกณฑ์มาตรฐานของน้ำทิ้งก็หมายความว่าน้ำนั้นมีสิ่งปนเปื้อนที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่มาก ซึ่งจะก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำตามมา

ดังนั้น น้ำเสีย คือน้ำที่มีสารมลพิษจนนำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้โดยตรง หรือสิ่งสกปรกโสโครกปนเปื้อนที่ไม่พึงปรารถนาปนอยู่ เป็นจำนวนมากเกินควร

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถบอกลักษณะทางกายภาพของน้ำที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสได้
2. นักเรียนสามารถบอกคุณภาพของน้ำโดยการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำได้
3. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำสะอาดกับน้ำเสียได้

สารเคมีและอุปกรณ์ ต่อ 1 กลุ่ม

1. น้ำกลั่น	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำเสียจากชุมชน	100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร
3. น้ำประปา	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำมูลสัตว์	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. สารละลายน้ำส้มสายชู	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. สารละลายน้ำยาล้างห้องน้ำ	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7. น้ำบาดาล	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. น้ำคลอง	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
9. กระดาษยูนิเวอร์แซล อินดิเคเตอร์	8 แผ่น
10. เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
11. ขวดน้ำดื่มชนิดใส ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร	8 ใบ (ใช้แทนบิกเกอร์)
12. แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
13. แผ่นกระจก	1 แผ่น
14. กระบอกแก้วตวง ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 อัน

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. นำขวดน้ำดื่มชนิดใสขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 8 ใบ ใส่น้ำกลั่น น้ำเสียจากชุมชน น้ำประปา น้ำมูลสัตว์ น้ำส้มสายชู น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำบาดาล น้ำคลอง ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไปในขวดน้ำดื่มชนิดใสขวดละ 1 ตัวอย่าง เขียนชื่อน้ำตัวอย่างติดข้างขวดทุกใบ

2. สังเกต สี กลิ่นและตะกอนในน้ำตัวอย่างทั้ง 8 ชนิด แล้วบันทึกผลลงในตาราง

3. ใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ วัดค่า pH ของน้ำตัวอย่างทั้ง 8 ชนิด แล้วบันทึกผลลงในตาราง

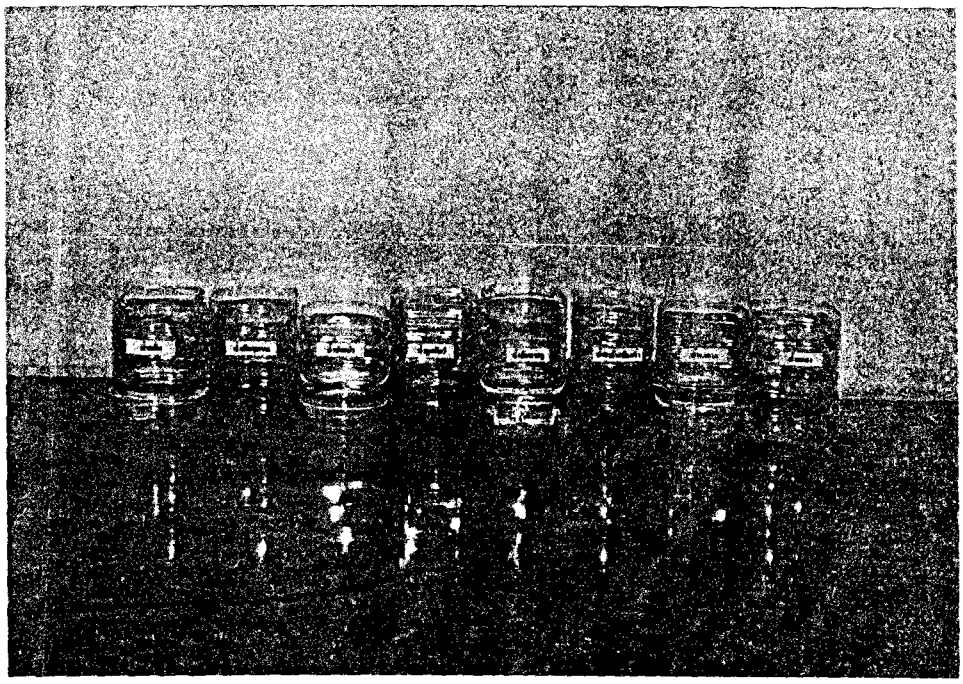
4. นำเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ ตัวอย่างทั้ง 8 ชนิด ทันทีที่นำมาทดลอง แล้วบันทึกผลลงในตาราง

5. นำผลการทดลองของน้ำตัวอย่างที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในตาราง

6. นำข้อมูลค่า pH จากตารางมาเขียนกราฟให้เหมาะสม

7. สรุปผลการทดลอง เป็นการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของน้ำเบื้องต้น

หมายเหตุ มาตรฐานน้ำทิ้งในการทดลองนี้ เป็นค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535



ภาพประกอบ 3 น้ำตัวอย่าง 8 ชนิด น้ำกลั่น น้ำเสียจากชุมชน น้ำประปา น้ำมูลสัตว์ น้ำส้มสายชู น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำบาดาล น้ำคลอง

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

ชื่อผู้ทดลอง 1. .....ชั้น.....เลขที่.....

2. .....ชั้น.....เลขที่.....

3. .....ชั้น .....เลขที่.....

4. .....ชั้น .....เลขที่.....

5. .....ชั้น .....เลขที่.....

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

1 .....

2 .....

3 .....

ผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH	อุณหภูมิ ^{0}C
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		
ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง		✓		✓		✓	5.5-9	ไม่เกิน 40
น้ำกลั่น								
น้ำเสียจากชุมชน								
น้ำประปา								
น้ำมูลสัตว์								
สารละลายน้ำส้มสายชู								
สารละลายน้ำยาล้างห้องน้ำ								
น้ำบาดาล								
น้ำคลอง								

อภิปรายผลการทดลอง

1) สี.....

.....

2)กลิ่น.....

.....

3) ตะกอน.....

.....

.....

4) ค่าpH.....

.....

.....

5) อุณหภูมิ .....

.....

.....

.....

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

1. ความรู้ที่นักเรียนได้รับ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ทักษะที่นักเรียนได้รับ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. น้ำในข้อใดไม่ควรนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม
   ก. น้ำที่มีสีดำ มีกลิ่น
   ข. น้ำที่มี pH = 6 และ ขุ่น
   ค. น้ำที่มีกลิ่นเหม็นของมูลสัตว์
   ง. น้ำที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

2. ข้อใดเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้น้ำเสื่อมคุณภาพ
   ก. พืชและสารพิษในน้ำ
   ข. ตะกอนตกค้างต่างๆ ในน้ำ
   ค. ขยะและสิ่งปฏิกูลจากโรงงาน
   ง. ปริมาณสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

3. น้ำชนิดใดเป็นตัวอย่างของน้ำสะอาดและน้ำเสียตามลำดับ
   ก. น้ำกลั่น น้ำประปา
   ข. น้ำประปา น้ำคลอง
   ค. น้ำคลอง น้ำบาดาล
   ง. น้ำบาดาล น้ำมูลสัตว์

4. ตัวอย่างน้ำชนิดใดมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง
   ก. น้ำมูลสัตว์ น้ำกลั่น
   ข. น้ำประปา น้ำบาดาล
   ค. น้ำบาดาล น้ำส้มสายชู
   ง. น้ำยาล้างห้องน้ำ น้ำเสีย

5. น้ำสะอาดควรมีค่า pH เท่าใด
   ก. 2
   ข. 5
   ค. 7
   ง. 8

6. น้ำชนิดใดมีคุณสมบัติคล้ายน้ำประปามากที่สุด
   ก. น้ำคลอง
   ข. น้ำบาดาล
   ค. น้ำส้มสายชู
   ง. น้ำยาล้างห้องน้ำ

7. นักเรียนควรจะใช้วิธีใดเพื่อตรวจสอบอย่างง่ายว่าน้ำในบ่อเริ่มเน่าเสีย
   ก. ดมกลิ่น
   ข. ดูด้วยตา
   ค. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน
   ง. ใช้เครื่องมือตรวจสอบ เช่น เทอร์โมมิเตอร์

8. วิธีการใดแสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำได้อย่างเหมาะสม
   ก. เขียนกราฟ
   ข. เขียนวงจร
   ค. เขียนแผนภูมิ
   ง. เขียนเป็นตาราง

9. การทดสอบน้ำตัวอย่างในขวดพลาสติกใส โดยวิธีการใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ควรปฏิบัติอย่างไร
   ก. หย่อนกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ลงไปในขวดพลาสติกใส
   ข. ใช้ปากคีบจับกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ จุ่มลงในน้ำตัวอย่าง
   ค. เอียงขวดพลาสติกใสแล้วนำกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ไปแตะที่ปากขวด
   ง. ใช้แท่งแก้วจุ่มลงในน้ำตัวอย่างในขวดพลาสติกใสแล้วนำไปแตะกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ที่วางบนแผ่นกระจก

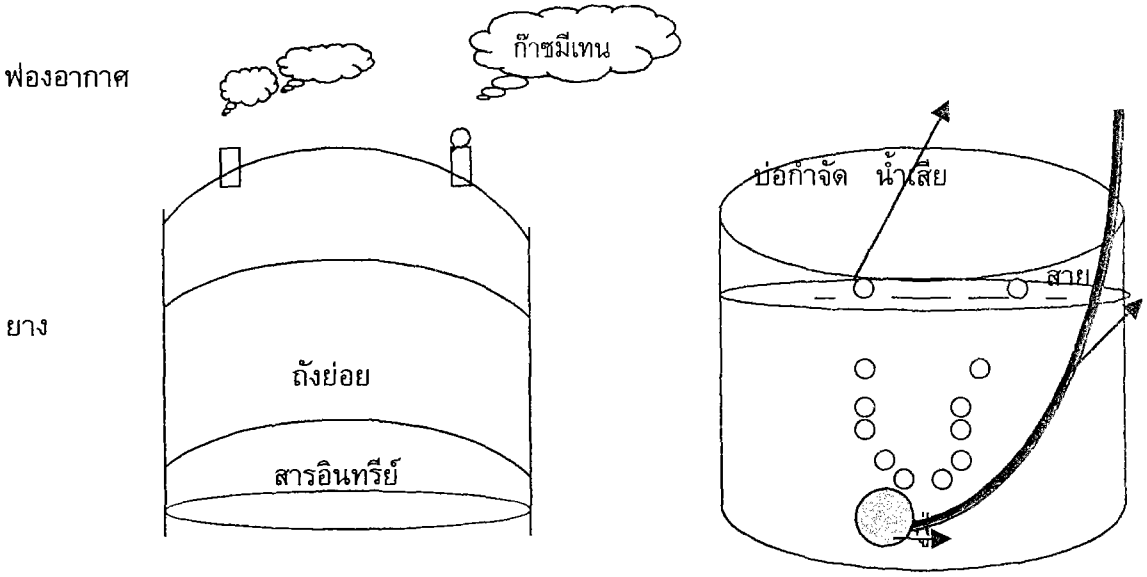
10. การกระทำใดทำให้ความคลาดเคลื่อนในการทดลองน้อยที่สุด
   ก. ให้สมาชิกเพียงคนเดียวของกลุ่มวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง อย่างระมัดระวัง
   ข. ให้สมาชิกหลายคนวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างเดียวกัน แต่ไม่ต้องนำมารวมกันเพื่อหาเฉลี่ย
   ค. ให้สมาชิกเพียงคนเดียวของกลุ่มวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง อย่างระมัดระวัง 4 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยจากการวัด 4 ครั้ง
   ง. ให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มใช้เทอร์โมมิเตอร์คนละ 1 อัน วัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างเดียวกัน แล้วนำ ค่าที่ได้ของแต่ละคนมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 2
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

สาระสำคัญ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา คือ การกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ ซึ่งจุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากที่สุด คือ แบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียมีการดำรงชีพแบ่งได้กว้างๆ เป็น 2 พวกคือ พวกใช้ออกซิเจนและพวกไม่ใช้ออกซิเจน

โดยใช้ระบบกำจัดได้หลายระบบ เช่น ระบบจานชีวะหรือระบบจานหมุน ระบบบ่อตาก ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน เป็นต้น



การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน การบำบัดแบบใช้ออกซิเจน

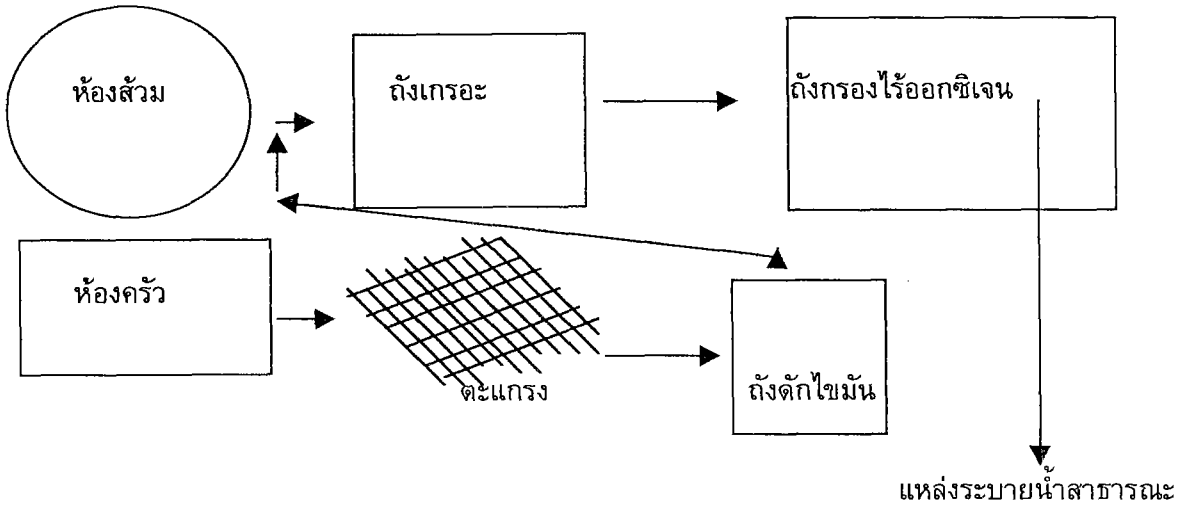
ภาพประกอบ 5 การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนและแบบใช้ออกซิเจน

ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีววิทยา สามารถแบ่งโดยการใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นเกณฑ์ในการบำบัดได้ 2 วิธี คือ

1. **การบำบัดทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน** คือ การบำบัดน้ำเสียโดยใช้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพโดยไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน เช่น ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน ดังภาพประกอบ 4

ระบบถังกรองไร้ออกซิเจน เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนสำหรับบำบัดน้ำเสียจากส้วมและน้ำเสียรวมจากบ้านเรือนในกรณีน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง

หลักการทำงานของระบบถังกรองไร้ออกซิเจน



ภาพประกอบ 5 หลักการทำงานของระบบถังกรองไร้ออกซิเจน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจนอาจกล่าวได้ว่าเป็นการบำบัดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับใช้ในเขตที่มีอากาศร้อน

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนมีข้อดีกว่าแบบใช้ก๊าซออกซิเจนหลายประการคือ

1. ปริมาณสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ประมาณร้อยละ 80 – 90 จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2. ปริมาณอาหารเสริมจุลินทรีย์ที่ต้องการจะน้อยกว่าในระบบใช้ออกซิเจนมาก เพราะแบคทีเรียมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ

3. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

4. ได้ก๊าซมีเทนมาเป็นเชื้อเพลิง

2. **การบำบัดทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจน** คือ การบำบัดน้ำเสียโดยใช้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ดำรงชีพโดยใช้ก๊าซออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น ระบบจานชีวะหรือระบบจานหมุน ระบบบ่อตาก ดังภาพประกอบ 4

ระบบจานชีวะหรือระบบจานหมุน คือการเลี้ยงจุลินทรีย์ให้เกาะติดอยู่บนแผ่นจานซึ่งหมุนช้าๆ การหมุนช่วยให้จุลินทรีย์เคลื่อนที่ไปมาระหว่างน้ำกับอากาศ จุลินทรีย์จะได้รับก๊าซออกซิเจนจากอากาศและทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์

ระบบบ่อตาก คือ การกำจัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยอาศัยจุลินทรีย์และสาหร่ายสีเขียวเป็นส่วนสำคัญ บ่อกำจัดน้ำเสียมักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถขังน้ำเสียได้หลายๆ วัน

บทปฏิบัติการที่ 2
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

หลักการ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา คือ การกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้จุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายในภาวะที่ใช้ก๊าซออกซิเจนและไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการและวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการและวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนได้
3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนได้

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำเสียจากชุมชน	2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำมูลสัตว์	2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. เครื่องปั๊มลม (ชนิดที่ใช้ในตู้ปลา)	1 เครื่อง
4. ขวดน้ำดื่มพลาสติกใสขนาด 2 ลิตร	4 ขวด
5. กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	16 อัน
6. เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
7. แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
8. แผ่นกระจก	1 แผ่น

วิธีการทดลอง

1. นำขวดน้ำดื่มชนิดใสปากแคบขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 4 ขวด

2. นำน้ำเสียจากชุมชนและน้ำมูลสัตว์อย่างละ 2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาแบ่งใส่ขวดๆ ละ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรโดยขวดที่ 1 และ 2 ใส่น้ำเสียจากชุมชนขวดที่ 3 และ 4 ใส่น้ำมูลสัตว์

3. สังเกตสี กลิ่นและปริมาณตะกอน ของน้ำทั้ง 4 ขวด แล้วบันทึกผลลงในตาราง

4. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำทั้ง 4 ขวด แล้วบันทึกผลลงในตาราง

5. ใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์วัดค่าpH ของน้ำทั้ง 4 ขวด แล้วบันทึกผลลงในตาราง

6. แบ่งน้ำเสียจากชุมชนและน้ำมูลสัตว์ออกเป็น 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย น้ำเสียจากชุมชนและน้ำมูลสัตว์ อย่างละ 1 ขวด

7. นำจุกยางปิดปากขวดน้ำชุด 1 ให้สนิทอย่าให้อากาศภายนอกเข้าไปในขวดได้ ส่วนน้ำชุด 2 ไม่ต้องปิดปากขวดแต่เปิดปั๊มลมเพื่อเติมก๊าซออกซิเจนตลอดเวลา เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 8 วัน

8. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของ สี กลิ่น ปริมาณตะกอน อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด - เบส ของน้ำตัวอย่างชุด 1 และ 2 ทุก 2 วัน บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

9. สรุปผลการทดลอง เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

ภาพภาพประกอบ 6 การบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน การบำบัดแบบใช้ออกซิเจน

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

ชื่อผู้ทดลอง 1. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

2. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

3. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

4. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

5. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

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

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 1)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน										
น้ำมูลสัตว์										

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 2)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน										
น้ำมูลสัตว์										

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 3)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน										
น้ำมูลสัตว์										

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 4)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน										
น้ำมูลสัตว์										

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

1. ความรู้ที่นักเรียนได้รับ คือ .....
.....
.....
.....
.....
2. ทักษะที่นักเรียนใช้ คือ .....
.....
.....
.....
.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใดสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้อยที่สุด
   ก. แบบที่ใช้จุลินทรีย์ใช้ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีวิต
   ข. แบบที่ใช้จุลินทรีย์ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีวิต
   ค. แบบที่ใช้จุลินทรีย์ใช้ได้ทั้งแบบก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน
   ง. แบบที่ใช้จุลินทรีย์ไม่ใช้ทั้งแบบก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

2. ถ้าน้ำทิ้งมีปริมาณสารอินทรีย์สูงควรเลือกใช้วิธีใดในการบำบัด
   ก. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้จุลินทรีย์
   ข. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้จุลินทรีย์
   ค. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจน
   ง. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

3. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนจะได้ก๊าซชนิดใด
   ก. ก๊าซมีเทน
   ข. ก๊าซออกซิเจน
   ค. ก๊าซไนโตรเจน
   ง. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

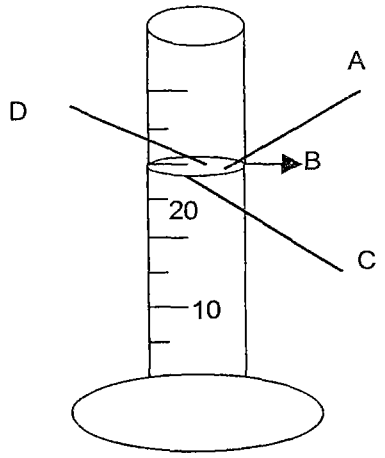
4. ถ้าน้ำทิ้งที่บ้านของนักเรียนมีมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ปะปนอยู่ในจำนวนมากนักเรียนควรเลือกบำบัดด้วยวิธีการใด
   ก. การบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพแบบกรอง
   ข. การบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพแบบตกตะกอน
   ค. การบำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจน
   ง. การบำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

5. ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน คือ
   ก. ได้ก๊าซบิวเทน
   ข. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย
   ค. ปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการมากกว่า
   ง. ปริมาณสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ประมาณร้อยละ 80 - 90

6. สิ่งที่แตกต่างกันและสังเกตได้หลังจากบำบัดน้ำเสียชุมชนหรือน้ำมูลสัตว์ หลังจากที่ได้บำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนกับแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนคืออะไร
   ก. ปริมาณเชื้อโรค
   ข. ปริมาณตะกอน
   ค. ปริมาณจุลินทรีย์
   ง. ปริมาณออกซิเจน

7. การทดสอบว่าน้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้เป็นกรด หรือเบส ควรปฏิบัติเช่นไร
   ก. เอียงขวดให้น้ำตัวอย่างไหลมาที่ปากขวด แล้วใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ แตะ
   ข. นำกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ วางบนแผ่นกระจก ใช้แท่งแก้วสะอาดจุ่มของเหลวมาแตะ
   ค. ใช้กระดาษลิตมัสวางพาดที่ปากขวด เอียงขวดให้น้ำตัวอย่างไหลมาถูกกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์
   ง. นำกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ วางพาดที่ปากขวด ใช้ปลายแท่งแก้วที่สะอาดกดที่กระดาษ ยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ค่อยๆ เลื่อนลงไปในขวดจนแตะกับน้ำตัวอย่าง

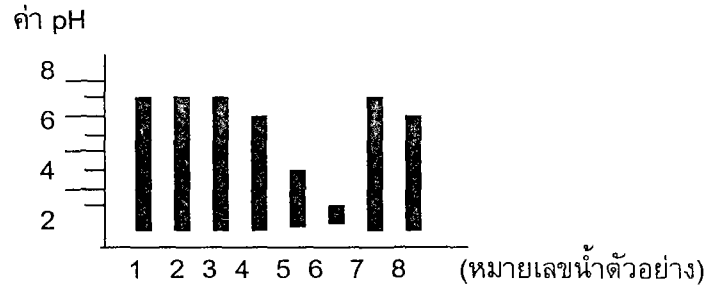
8. การวัดปริมาตรในกระบอกแก้วตวงควรอยู่ที่ตัวอักษรใดในการอ่านค่า



   ก. A
   ข. B
   ค. C
   ง. D

9. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาอาศัยก๊าซใดเป็นเกณฑ์
   ก. ก๊าซมีเทน
   ข. ก๊าซออกซิเจน
   ค. ก๊าซไนโตรเจน
   ง. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

10. จากกราฟต่อไปนี้ นักเรียนจะได้ความรู้ในข้อใด ?



   ก. กราฟเปรียบเทียบค่า pH
   ข. กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ
   ค. กราฟเปรียบเทียบสีของน้ำ
   ง. กราฟเปรียบเทียบปริมาณตะกอน

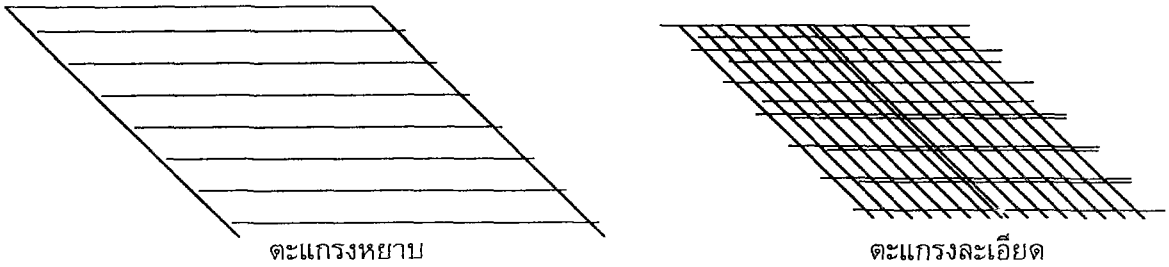
ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 3
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

สาระสำคัญ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ คือ การใช้กระบวนการกำจัดของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย

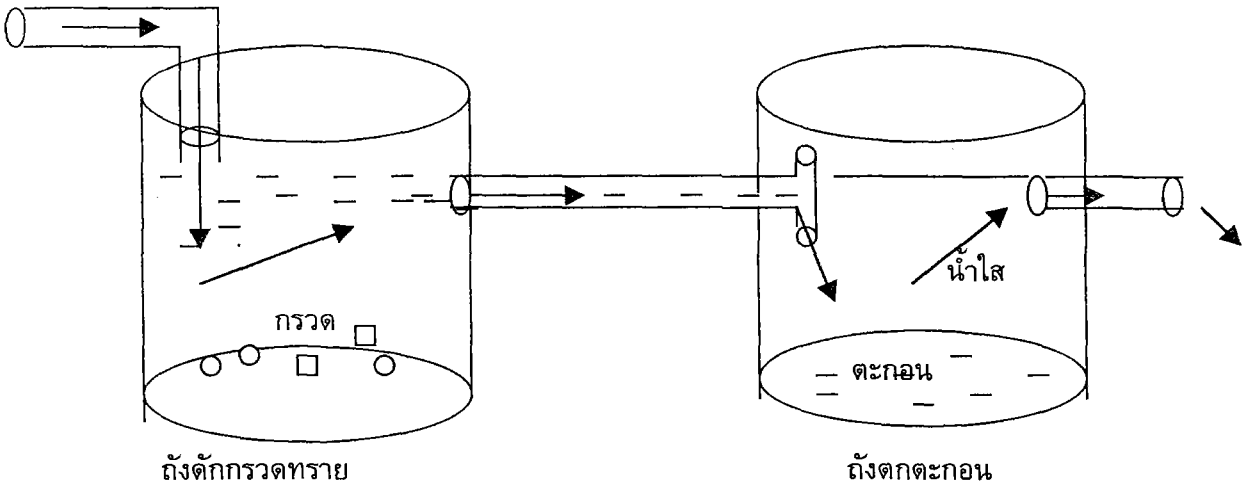
เมื่อมีของแข็งหรือตะกอนลอยในน้ำ เช่น เศษผ้า กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวดทราย ไขมัน น้ำมัน

อุปกรณ์ที่ใช้บำบัด คือ ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมัน ถังตกตะกอน



ภาพประกอบ 7 ตะ แกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

ตะแกรงมีไว้ใช้ในการดักเศษขยะต่างๆ เช่น เศษใบไม้ เศษกระดาษ เศษพลาสติก เศษอาหาร ฯลฯ ตะแกรงมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ ตะแกรงหยาบกับตะแกรงละเอียด โดยทั่วไปจะนิยมใช้ตะแกรงหยาบในงานบำบัดน้ำเสียทั่วไป สำหรับตะแกรงละเอียดถูกใช้ก็ต่อเมื่อมีความจำเป็นต้องใช้จริง เนื่องจากมักจะอุดตันง่าย



ภาพประกอบ 8 ถังดักกรวดทรายและถังตกตะกอน

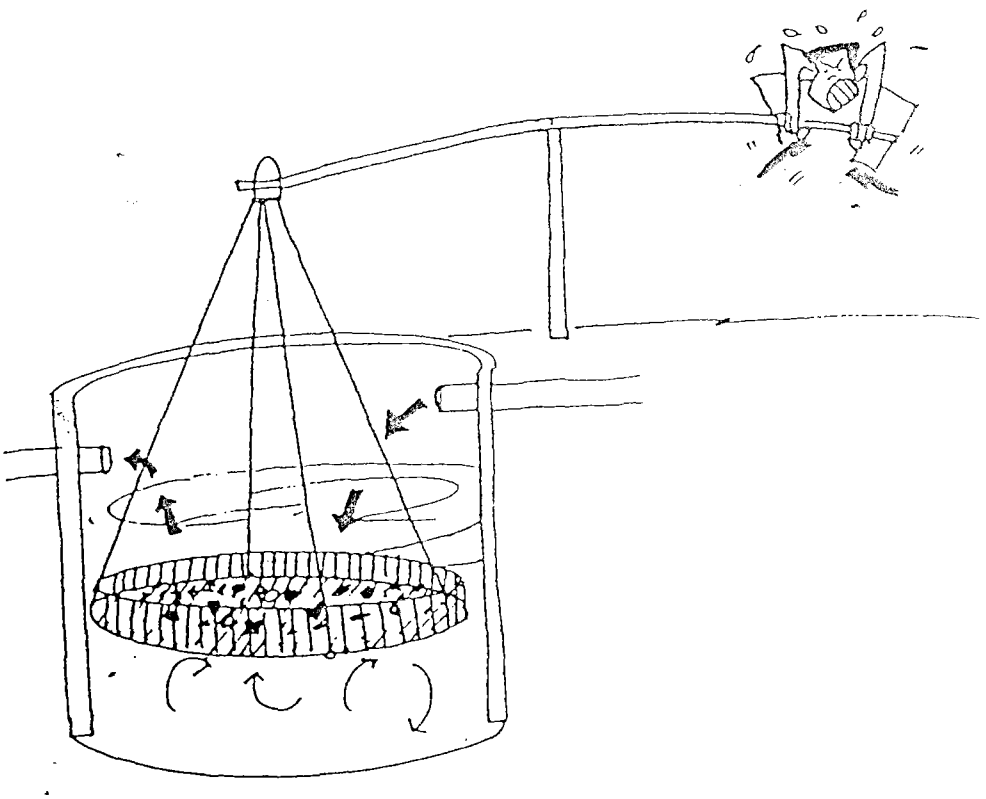
ถังดักกรวดทราย ทำการแยกตะกอนหนักต่างๆ ได้แก่ หิน กรวด ทราย เป็นต้น แต่มีบางส่วนพวกตะกอนแขวนลอยต่างๆ ยังคงไม่ได้ตกลงมา

ถังตกตะกอน ทำการแยกตะกอนออกจากน้ำเสีย ซึ่งเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็กมาก

ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ

1. เป็นการบำบัดที่ง่ายและไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย
2. เป็นการบำบัดขั้นต้นก่อนที่จะทำการบำบัดด้วยวิธีอื่นๆ ต่อไป

ส่วนข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ คือ น้ำที่ได้จากการบำบัดยังไม่มีคุณภาพพอที่จะนำมาใช้



ภาพประกอบ 9 การกรองด้วยตะแกรงหยาบ

บทปฏิบัติการที่ 3
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

หลักการ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ คือ การกำจัดของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย โดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตะแกรง ตะกร้า ผ้าขาวบาง กระชอน ถังดกตะกอน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นนำมาใช้ในการบำบัด เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนที่จะนำไปบำบัดด้วยวิธีอื่นต่อไปอีก

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนและหลักการของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้
2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีและอุปกรณ์บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำเสียได้
3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำผสมกับข้าวสุก	1000	ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำผสมกับเศษกระดาษ	1000	ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. น้ำผสมดินบดละเอียด	1000	ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำที่มีสารแขวนลอย	1000	ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. ตะแกรงหยาบ	1	อัน
6. ตะแกรงละเอียด	1	อัน
7. ผ้าขาวบาง	1	ผืน
8. ถังดกตะกอน	1	ถัง
9. ขวดพลาสติกชนิดใสขนาด 2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	4	ขวด (ตัดปากขวด)
10. กระชอน	1	อัน

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนปฏิบัติดังต่อไปนี้

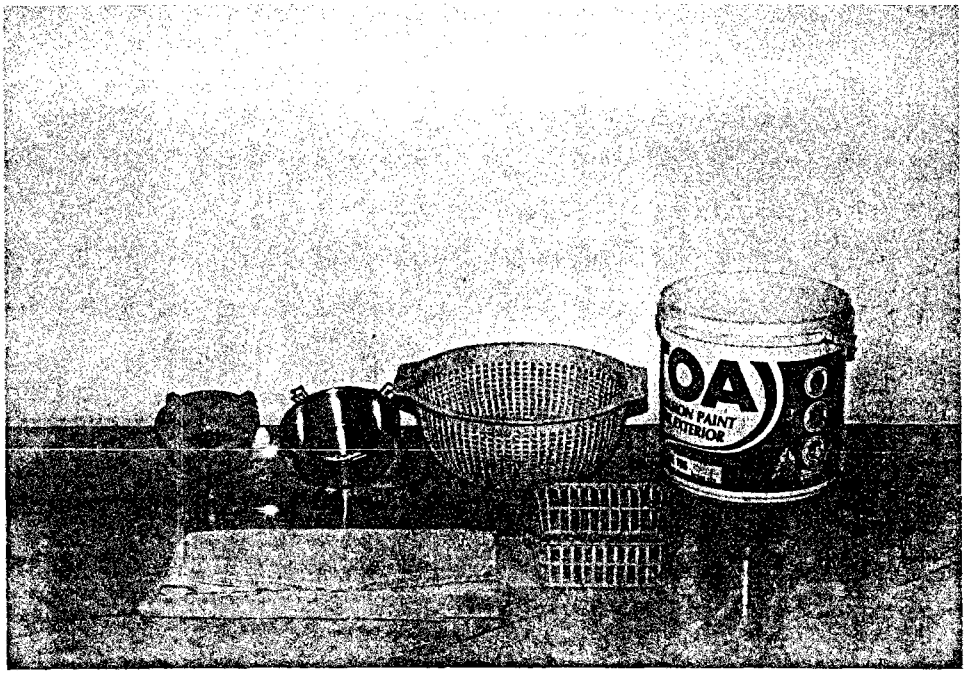
1. นำขวดพลาสติกชนิดใส ขนาด 2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 4 ขวด ใส่น้ำผสมกับข้าวสุก น้ำผสมกับเศษกระดาษ น้ำผสมกับดินเหนียวบดละเอียด น้ำจากแหล่งน้ำที่มีสารแขวนลอย ปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมติดป้ายชื่อน้ำตัวอย่างทุกขวด

2. ออกแบบการทดลองที่แยกของแข็งออกจากน้ำทั้ง 4 ขวด โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

3. ทำการทดลองตามที่ออกแบบการทดลอง ไว้

4. บันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่กำหนดให้

5. สรุปผลการทดลองและสรุปแนวทางการนำการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ พร้อมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



ภาพประกอบ 10 อุปกรณ์ที่ใช้บำบัดทางกายภาพ

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

ชื่อผู้ทดลอง 1. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

2. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

3. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

4. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

5. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

1. .....

2. .....

3. .....

ออกแบบการทดลอง

1. .....

.....

2. .....

.....

3. .....

.....

4. .....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัด
1. น้ำผสมกับข้าวสุก	
2. น้ำผสมกับเศษกระดาษ	
3. น้ำผสมกับดินบดละเอียด	
4. น้ำที่มีสารแขวนลอย	

<u>อภิปรายผลการทดลอง</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

1. ความรู้ที่นักเรียนได้รับ คือ .....

.....

.....

.....

2. ทักษะที่นักเรียนใช้ คือ .....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การกำจัดของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสียหรือน้ำทิ้งเป็นการบำบัดด้วยวิธีการใด
   ก. ทางเคมี
   ข. ทางกายภาพ
   ค. ทางชีววิทยา - เคมี
   ง. ทางกายภาพ - เคมี

2. น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่น้ำยังขุ่นและมีตะกอนเล็กๆ ปะปนอยู่ควรทำการบำบัดด้วยวิธีการใดต่อไปอีก
   ก. นำไปต้ม
   ข. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน
   ค. เติมคลอรีนแล้วตั้งทิ้งไว้เฉยๆ
   ง. แกว่งสารส้มให้ความขุ่นและตะกอนตกลงก้นถัง

3. ถ้ามีสิ่งของปะปนมากับน้ำเสีย เช่น เศษไม้ เศษผ้า ถุงพลาสติก นักเรียนจะเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดใดในการบำบัด
   ก. ถังตกตะกอน
   ข. กระดาษกรอง
   ค. ตะแกรงหยาบ
   ง. ถังดักสิ่งเจือปน

4. ลักษณะใดเป็นสิ่งที่สังเกตได้จากการใช้ผ้าขาวบางกรองน้ำที่มีตะกอน
   ก. ปริมาณน้ำลดลง
   ข. ปริมาณตะกอนลดลงน้ำใสขึ้น
   ค. เวลากรองน้ำไหลลงอย่างช้าๆ
   ง. น้ำมีลักษณะความขุ่นเหมือนเดิม

5. ลักษณะใดเป็นข้อเสียของการนำตะแกรงละเอียดมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย
   ก. มักจะทำให้อุดตันง่าย
   ข. ดักเศษขยะต่างๆ ได้มาก
   ค. จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายได้เร็ว
   ง. ออกซิเจนผ่านเข้าออกได้ยาก

6. **ถ้าที่บ้านนักเรียนมีการปรุงอาหารและมีเศษอาหารที่ติดมากับน้ำทิ้ง นักเรียนควรจะเลือกใช้วิธีการใด เป็นอันดับแรกในการบำบัด**
   ก. ทางเคมี
   ข. ทางชีววิทยา
   ค. ทางกายภาพ
   ง. ทางเคมี - ชีววิทยา

7. ในการกรองน้ำตัวอย่างควรนำขั้นตอนใดมาปฏิบัติตามลำดับก่อนหลังอย่างไร (ดูข้อ 1 – 5 ข้างล่าง)
   1. พับกระดาษกรอง
   2. ทำกระดาษกรองให้เปียก
   3. วางกระดาษกรองให้แนบกรวย
   4. รินสารผ่านแท่งแก้ว ให้ปลายแท่งแก้วแตะกระดาษกรองด้านที่หนา
   5. ใส่กรวยกรองลงในภาชนะรองรับ โดยให้ก้านกรวยแตะข้างภาชนะที่รองรับและอยู่เหนือของเหลว

   ก. 1,2,3,5,4
   ข. 1,3,2,5,4
   ค. 2,1,3,4,5
   ง. 2,1,3,5,4

8. นักเรียนใช้เกณฑ์อะไรในการเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ
   ก. ขนาดสิ่งของที่เจือปน
   ข. ปริมาณเศษวัสดุต่างๆ
   ค. ปริมาณน้ำเสียที่จะนำมาบำบัด
   ง. ขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้บำบัด

9. **น้ำที่มีสารแขวนลอยกับน้ำที่ผสมดินเหนียวบดละเอียดจะใช้วิธีการบำบัดแยกของแข็งออกที่เหมือนกันคือข้อใด**
   ก. ตะแกรงละเอียด
   ข. ผ้าขาวบาง
   ค. ผ้าขาวบางและถังดกตะกอน
   ง. ตะแกรงละเอียดและผ้าขาวบาง

10. ถ้านักเรียนต้องการแสดงให้เห็นจำนวนขยะแต่ละเดือนในรอบหนึ่งปี ควรใช้วิธีใดนำเสนอ

ก. บรรยาย

ข. เขียนวงจร

ค. เขียนกราฟ

ง. เขียนแผนภูมิ

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 4
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

สาระสำคัญ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี คือ กระบวนการกำจัดหรือแยกสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย วิธีนี้จะต้องใช้สารเคมีต่างๆ เติมลงไปในน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี

ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีก็คือเมื่อได้เติมสารเคมีลงไปในน้ำเสียแล้วก็จะมีปริมาณสารเคมีผสมอยู่ในน้ำเสียและจะเสียค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีด้วยแต่ถ้าน้ำเสียไม่สามารถบำบัดด้วยวิธีทางกายภาพหรือทางชีววิทยาก็จำเป็นต้องเลือกวิธีบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี ใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

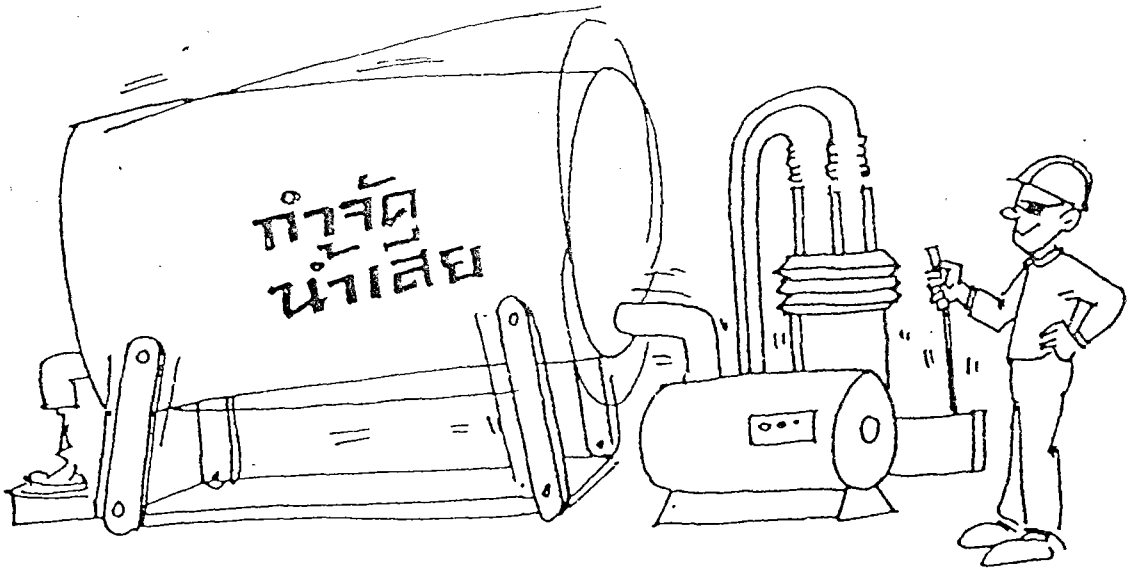
1. มีกรดหรือเบสสูงเกินไป
2. มีโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น สังกะสี ดีบุก ปรอท ฯลฯ
3. มีตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ยาก
4. มีสารประกอบอนินทรีย์ละลายน้ำที่เป็นพิษ เช่น ซัลไฟด์
5. มีไขมันหรือน้ำมันละลาย

จากการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมีมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ส่วนวิธีที่ง่ายและเป็นวิธีเบื้องต้น คือ การตรวจสอบความเป็นกรด-เบสและการทำน้ำให้เป็นกลาง

การทำน้ำให้เป็นกลาง

น้ำเสียที่มีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้เบสชนิดต่างๆ เช่นปูนขาว โซดาไฟหรือโซดาแอช

ส่วนน้ำเสียที่มีค่า pH สูง (เป็นเบส) สามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกำมะถัน กรดเกลือ หรือบางครั้งอาจใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เติมลงในน้ำเสียก็ได้



ภาพประกอบ 11 ถังกวนเร็ว

อุปกรณ์สำหรับบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี ได้แก่

1. ถังกวนเร็วหรือถังผสมสารเคมีกับน้ำเสียพร้อมอุปกรณ์กวนน้ำ
2. ถังกวนช้า
3. ถังตกตะกอน
4. ถังกรอง

รูปภาพแสดง 12 ถังกวนช้าและถังตกตะกอน

บทปฏิบัติการที่ 4
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

หลักการ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี คือ การกำจัดกรดหรือเบสที่สูงเกินไปโดยวิธีทำให้เป็นกลาง

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนและหลักการของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้
2. นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของน้ำเสียได้
3. นักเรียนสามารถสรุปข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำมะนาว	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำมะขาม	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. น้ำมะกรูด	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำปูนขาว	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. น้ำขี้เถ้า	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. น้ำปูนแดง	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7. ขวดน้ำขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร	6 ใบ (ตัดปากขวด)
8. ถ้วยแกง	1 ใบ
9. กระดาษ	1 ตลับ
10. หลอดหยด	1 อัน
11. แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
12. แผ่นกระจก	1 แผ่น
13. กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน	6 แผ่น

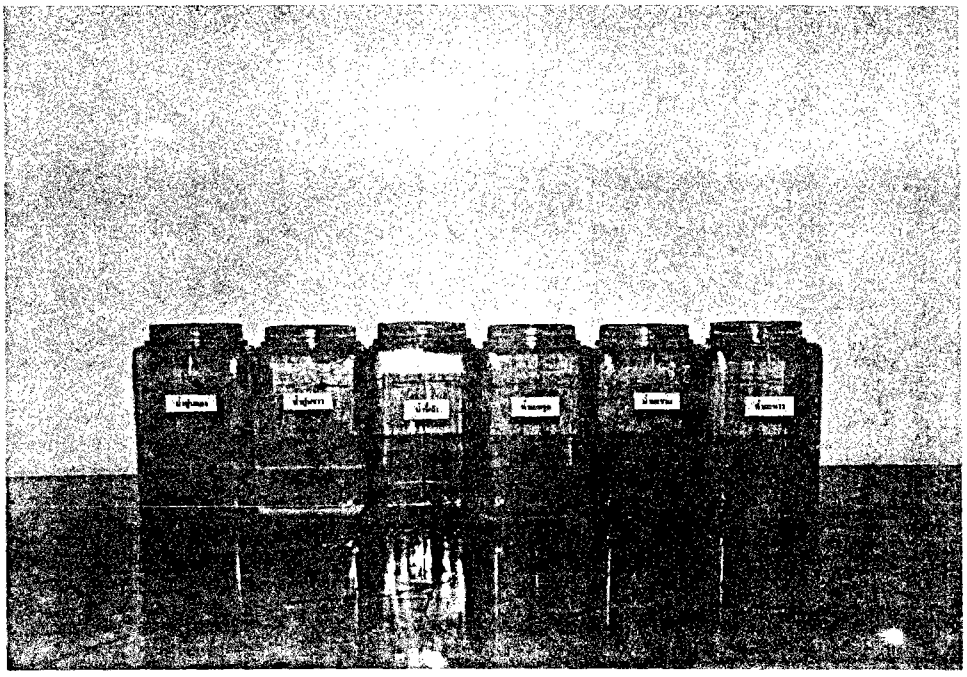
<u>วิธีการทดลอง</u>

1. นำขวดน้ำดื่มชนิดใสขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตัดปากขวดแล้ว) จำนวน 6 ขวด มาใส่น้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำมะกรูด น้ำปูนขาว น้ำขี้เถ้า น้ำปูนแดง ขวดละ 1 ชนิด ชนิดละ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ติดป้ายชื่อที่ขวดน้ำตัวอย่างทุกขวด

2. นำกระดาษลิตมัส ตรวจสอบความเป็นกรด – เบส ของน้ำตัวอย่างแต่ละชนิด แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 1

3. เลือกใช้น้ำตัวอย่างที่ให้มาเป็นตัวปรับสภาพที่เป็นกรดหรือเบส โดยทำให้เป็นกลาง บันทึกผลจำนวนหยดของสารปรับสภาพที่ใช้ไป ลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

4. สรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางในการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียในชีวิตประจำวัน



ภาพประกอบ 13 น้ำตัวอย่างที่มีสภาพเป็นเบส เช่นน้ำปูนแดง น้ำปูนขาว น้ำขี้เถ้า และน้ำตัวอย่างที่เป็นกรด เช่น น้ำมะกรูด น้ำมะขาม น้ำมะนาว

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

ชื่อผู้ทดลอง 1. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

2. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

3. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

4. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

5. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

วัน / เดือน / ปี .....กลุ่มที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

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

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ตารางที่1)

น้ำตัวอย่าง	กรด	เบส
น้ำมะนาว		
น้ำมะกรูด		
น้ำมะขามเปียก		
น้ำปูนขาว		
น้ำขี้เถ้า		
น้ำปูนแดง		

ตารางบันทึกะ:ลการทดลอง (ตารางที่ 2)

น้ำตัวอย่าง	จำนวนหยด		สภาพ
	กรด	เบส	
น้ำมะนาว + น้ำปูนขาว			
น้ำมะขามเปียก + น้ำปูนขาว			
น้ำมะกรูด + น้ำปูนขาว			
น้ำมะนาว + น้ำขี้เถ้า			
น้ำมะขามเปียก + น้ำขี้เถ้า			

ต่อ

น้ำตัวอย่าง	จำนวนหยด		สภาพ
	กรด	เบส	
น้ำมะนาว + น้ำปูนแดง			
น้ำมะขามเปียก + น้ำปูนแดง			
น้ำมะกรูด + น้ำปูนแดง			

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

1. ความรู้ที่ได้รับ คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ทักษะที่ใช้คือ .....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. น้ำทิ้งที่มีลักษณะใสและมองไม่เห็นสิ่งเจือปนสามารถระบุว่าเป็นน้ำสะอาดได้หรือไม่
   ก. ได้ เพราะน้ำใสแสดงว่าไม่มีสิ่งเจือปนอยู่
   ข. ได้ เพราะความใสเป็นคุณสมบัติมองดูด้วยตาก็บอกได้เลยว่าสะอาด
   ค. ไม่ได้ เพราะน้ำใสอาจจะมีเชื้อโรคปะปน
   ง. ไม่ได้ เพราะว่าน้ำที่ใสอาจจะมีสารเคมีเจือปน

2. เมื่อนักเรียนทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำแล้วพบว่าน้ำมีความเป็นกรดและเบสสูงจะเลือกใช้วิธีการใดในการบำบัด
   ก. ทางเคมี
   ข. ทางชีววิทยา
   ค. ทางกายภาพ - เคมี
   ง. ทางกายภาพ - ชีววิทยา

3. น้ำเสียที่มีไขมันและกรดละลายอยู่จะมีขั้นตอนใดบ้างในการบำบัด
   ก. ขั้นแรกบำบัดทางเคมี – ขั้นที่ 2 บำบัดทางกายภาพ
   ข. ขั้นบำบัดทางกายภาพ – ขั้นที่ 2 บำบัดทางชีววิทยา
   ค. ขั้นแรกแรกบำบัดทางเคมี – ขั้นที่ 2 บำบัดทางชีววิทยา
   ง. ขั้นแรกบำบัดทางกายภาพ – เคมี ขั้นที่ 2 บำบัดทางกายภาพ

4. สารเคมีที่หาได้ง่ายจากท้องถิ่น มีคุณสมบัติเป็นกรด
   ก. น้ำสบู่
   ข. น้ำปูนขาว
   ค. น้ำส้มสายชู
   ง. น้ำผงซักฟอก

5. ข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีคือข้อใด
   ก. มีปริมาณสารเคมีผสมอยู่ในน้ำเสียมากขึ้น
   ข. มีปริมาณน้ำที่บำบัดแล้วเพิ่มมากขึ้น
   ค. มีปริมาณสารแขวนลอยเพิ่มมากขึ้น
   ง. มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น

6. การที่นักเรียนสังเกตเห็นน้ำทิ้งจากห้องทดลองหรือน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีลักษณะใสจะบอกได้หรือไม่ว่าเป็นน้ำดีหรือน้ำเสีย
   ก. ยังบอกไม่ได้
   ข. บอกได้เลยว่าเป็นน้ำสะอาด
   ค. บอกได้เลยว่าเป็นน้ำเสียทางเคมี
   ง. บอกไม่ได้จนกว่าจะมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อน

7. การใช้หลอดหยดในการทดลองปรับสภาพความเป็นกรด เบส ควรปฏิบัติอย่างไร
   ก. ดูดของเหลวเต็มหลอด – เวลาหยดบีบจุกยางให้ของเหลวหยดทีละหยดเสร็จแล้วสะบัดให้แห้งเก็บไว้
   ข. ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการ – เวลาหยดบีบจุกยางให้ของเหลวหยดทีละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน - เสร็จแล้วล้างให้สะอาดทันที
   ค. ดูดของเหลวเต็มหลอด – เวลาหยดบีบจุกยางให้ของเหลวหยดทีละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน เสร็จแล้วสะบัดให้แห้ง - เก็บไว้
   ง. ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการ – เวลาหยดบีบจุกยางให้ของเหลวหยดทีละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน - ล้างให้สะอาดแล้วต้องสะบัดให้แห้ง

8. ถ้านักเรียนโดนน้ำยาล้างห้องน้ำที่เป็นกรดที่มือนักเรียนจะล้างด้วยสารละลายชนิดใด
   ก. น้ำเปล่า
   ข. น้ำปูนใส
   ค. น้ำมะนาว
   ง. น้ำส้มสายชู

9. การตรวจสอบความเป็นกรดและเบสของสารละลายใช้วิธีการใด
   ก. ใช้ชิม
   ข. ใช้ตาดู
   ค. ใช้กระดาษขมิ้น
   ง. ใช้กระดาษลิตมัส

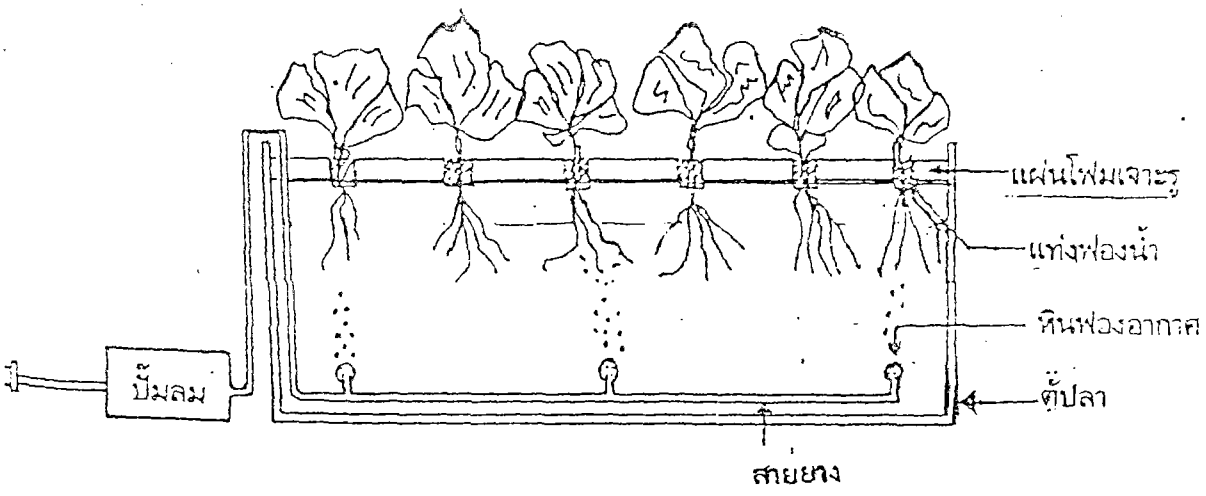
10. การนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนหยดของกรดและเบสให้มีสภาพเป็นกลาง ควรใช้วิธีใด
   ก. เขียนวงจร
   ข. เขียนกราฟ
   ค. เขียนตาราง
   ง. เขียนแผนภูมิ

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 5
การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช

สาระสำคัญ

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช จะต้องพิจารณาคุณภาพน้ำที่บำบัดแล้วนั้นว่าเหมาะสมสำหรับที่จะนำมาปลูกพืชหรือไม่หรืออาจจะเหมาะสมเพื่อกิจกรรมใดได้บ้าง

การปลูกพืชโดยใช้น้ำนิยมปลูกพืชประเภทพืชล้มลุกเป็นส่วนใหญ่ เช่น ผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีนหรือผักอื่นๆ น้ำเสียชุมชนและน้ำมูลสัตว์ที่บำบัดแล้วด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน นำมาใช้ในการทดลองปลูกพืชได้ เป็นการให้ธาตุอาหารแก่พืชทางรากโดยตรงแทนการดูดซึมจากดิน ตามธรรมชาติธาตุอาหารต่างๆ ที่เป็นอาหารหลักและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม แต่ในน้ำเสียที่บำบัดแล้วด้วยวิธีการทางชีววิทยาจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์จะได้ไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช



ภาพประกอบ 14 การปลูกพืชในน้ำ

ข้อดีของการปลูกพืชในน้ำ

1. ปราศจากสารเคมีหรือวัตถุมีพิษที่จะตกค้างในผัก
2. อัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าปกติ 3 – 5 เท่า
3. พืชจะแข็งแรงสมบูรณ์ปราศจากโรคและแมลงรบกวน
4. ประหยัดเนื้อที่และแรงงานในการเพาะปลูก
5. ให้ผลผลิตสูง

ข้อเสียของการปลูกพืชในน้ำ

1. ต้นทุนสูงกว่าการปลูกพืชในดินทั่วไป
2. การเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ มากกว่า
3. ต้องอาศัยความชำนาญมากกว่า

บทปฏิบัติการที่ 5
การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช

หลักการ

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช โดยการใช้น้ำเสียที่บำบัดแล้วด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจนจากบทปฏิบัติการที่ 2 มาทำการปลูกพืชเปรียบเทียบกับการปลูกพืชในน้ำประปาโดยสังเกตการเจริญเติบโตของพืช (ความสูงของต้นพืช)

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ในการปลูกต้นพืชได้
2. นักเรียนอธิบายถึงประโยชน์ของแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายแหล่งที่มาของแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วได้

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำเสียชุมชนที่บำบัดแบบใช้ออกซิเจน	250	ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำเสียชุมชนที่บำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน	250	ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. น้ำมูลสัตว์ที่บำบัดแบบใช้ออกซิเจน	250	ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. น้ำมูลสัตว์ที่บำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน	250	ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. น้ำประปา	5000	ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. ตู้ปลาขนาดเล็ก (หรือขวดน้ำดื่มขนาด 5 ลิตร)	2	ตู้
7. โฟมขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร หนา 1.27 เซนติเมตร	2	แผ่น
8. ผักบุ้งจีน	20	ต้น
9. สำลี	1	ห่อ
10. มีดหลาวดินสอ	1	อัน
11. ปั๊มลม (ชนิดใช้ในตู้ปลา)	1	เครื่อง
12. หินฟองอากาศพร้อมสายแยก	2	หัว

วิธีทดลอง

1. เตรียมน้ำชุดที่ 1 โดยนำน้ำที่ผ่านการบำบัดในกิจกรรมที่ 2 เรียบร้อยแล้ว (ทั้ง 4 ขวด) แต่ละขวดนำมา 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาใส่ในภาชนะปากกว้าง รวม 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำสะอาดลงไปอีก 2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร (น้ำประปาที่ปราศจากกลิ่นคลอรีน)

2. เตรียมน้ำชุดที่ 2 โดยใช้น้ำสะอาดปราศจากกลิ่นคลอรีนในปริมาตรเท่ากับน้ำชุดที่ 1

3. นำแผ่นโฟมมีความหนาตั้งแต่ □ นิ้วขึ้นไป กว้างยาวเท่ากับปากภาชนะที่จะนำมาทำการทดลอง จำนวน 2 แผ่น เจาะรูให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร โดยให้เรียงเป็นแถว 2 แถว แถวละ 5 ต้น

4. นำต้นผักบุ้งจีนที่เพาะไว้ประมาณ 8 วัน ใช้สำลีห่อลำต้นแล้วนำไปใส่ลงในโฟมที่เจาะรูไว้แล้ว วางบนปากตู้ปลาทั้ง 2 ใบจัดระดับให้รากจุ่มลงไปในน้ำทั้งหมด

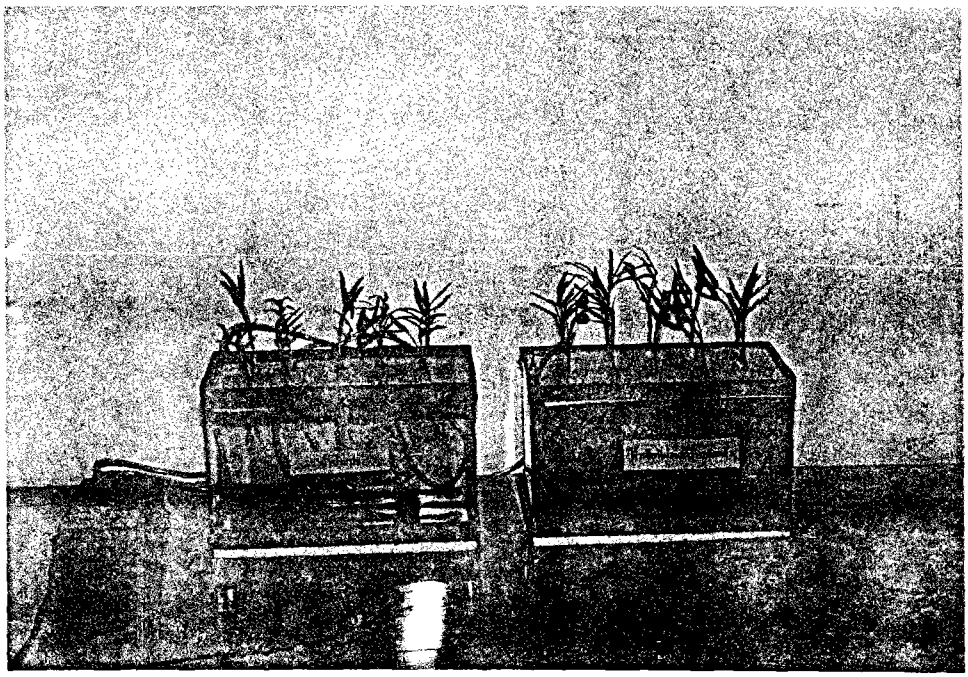
5. นำสายยางจากเครื่องเติมออกซิเจนที่มีหัวฟู่ ใส่ลงในตู้ปลา จำนวนตู้ละ 1 หัว ให้หัวฟู่อยู่ใต้น้ำ เปิดเครื่องเติมออกซิเจนตลอดเวลา โดยไม่ต้องรดน้ำใดๆ ทั้งสิ้น

6. วัดความสูงของต้นผักบุ้งที่อยู่เหนือแผ่นโฟม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความสูงของต้นผักบุ้งจีนแต่ละชุด แล้วบันทึกผลลงในตาราง

7. ทำตามข้อ 6 ทุกๆ 2 วัน เป็นเวลานาน 10 วัน (รวม 5 ครั้ง)

8. นำข้อมูลที่บันทึกไว้มาเขียนกราฟ

9. สรุปผลการทดลอง



ภาพประกอบ 15 การปลูกพืชในน้ำประปาและน้ำเสียที่บำบัดแล้ว

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 5 การนำน้ำที่บำบัดแล้วมาใช้ในการปลูกพืช

ชื่อผู้ทดลอง 1. .....ชั้น ..... เลขที่ .....

2. ..... ชั้น..... เลขที่ .....

3. .....ชั้น ..... เลขที่ .....

4. ..... ชั้น..... เลขที่ .....

5. .....ชั้น ..... เลขที่ .....

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

1. .....

2. .....

3. .....

บันทึกผลการทดลอง (น้ำที่บำบัดแล้วจากบทปฏิบัติการที่ 2)

ครั้งที่ / ผักบุ้งต้นที่	ความสูง (เซ็นติเมตร)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

<u>บันทึกผลการทดลอง</u> (น้ำที่สะอาดหรือน้ำประปาที่ปราศจากกลิ่นคลอรีน)

ครั้งที่ / ผักบุ้งต้นที่	ความสูง (เซ็นติเมตร)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

<u>อภิปรายผลการทดลอง</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

1. ความรู้ที่ได้รับคือ .....
.....
.....
.....
2. ทักษะที่ได้รับคือ .....
.....
.....
.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดคือข้อดีของการปลูกพืชในน้ำ
   ก. ต้นทุนต่ำ
   ข. ให้ผลผลิตสูง
   ค. ใช้อุปกรณ์ในการปลูกน้อย
   ง. ไม่ต้องอาศัยความชำนาญในการปลูก

2. เหตุใดเมื่อนำน้ำเสียที่บำบัดทางชีววิทยาแล้วมาปลูกพืชจึงทำให้พืชจริญเติบโตได้ดี
   ก. น้ำเสียมีจุลินทรีย์
   ข. น้ำเสียมีออกซิเจน
   ค. น้ำเสียมีแร่ธาตุไนโตรเจนที่ทำให้พืชเจริญ
   ง. น้ำเสียมีคาร์บอนไดออกไซด์ที่จำเป็นต่อการปรุงอาหารของพืช

3. ถ้านำน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดมาใช้ในการปลูกพืชการเจริญเติบโตของพืชจะเป็นดังข้อใด
   ก. พืชจะเจริญเติบโตมากกว่าใช้น้ำที่ผ่านการบำบัด
   ข. พืชจะเจริญเติบโตน้อยกว่าใช้น้ำที่ผ่านการบำบัด
   ค. ไม่มีความแตกต่างทั้ง 2 ลักษณะ
   ง. สรุปผลยังไม่ได้

4. เพราะเหตุใดเกษตรกรจึงปลูกพืชในน้ำแทนปลูกในดิน
   ก. มีที่ดินเป็นกรดและเบส
   ข. มีแรงงานน้อยทำให้ผลผลิตต่ำ
   ค. มีที่ดินและแรงงานน้อยผลผลิตสูง
   ง. มีที่ดินและแรงงานมากผลผลิตสูง

5. เพราะเหตุใดการปลูกพืชในน้ำที่ได้รับการบำบัดโดยการเติมออกซิเจนจึงได้ผลดีกว่าปลูกพืชในน้ำที่ไม่เติมออกซิเจน
   ก. ต้นไม้ได้ออกซิเจนมาก
   ข. รากของพืชดูดออกซิเจนไปใช้
   ค. พืชสามารถนำน้ำสะอาดไปใช้ได้
   ง. ธาตุอาหารของพืชได้รับออกซิเจนมาก

6. ถ้านักเรียนต้องการแสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งจีนในระยะเวลา 10 วัน ควรใช้รูปแบบใดในการนำเสนอ
   ก. เขียนวงจร
   ข. เขียนกราฟ
   ค. เขียนแผนภูมิ
   ง. เขียนเป็นตาราง

7. เครื่องมือชนิดใดเหมาะสมที่สุด ในการวัดความสูงของต้นผักบุ้งจีน
   ก. ไม้ที
   ข. ไม้เมตร
   ค. ตลับเมตร
   ง. ไม้บรรทัด

7. ในการทดสอบเพื่อให้ทราบว่าน้ำตัวอย่างชนิดใดสามารถทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด นี้ควรจัดสิ่งใดให้เหมือนกัน
   ก. ชนิดของพืช
   ข. ชนิดของน้ำตัวอย่าง
   ค. ชนิดของพืชและปริมาณน้ำตัวอย่าง
   ง. ชนิดของพืชและชนิดของน้ำตัวอย่าง

9. "พืชล้มลุก" มีความหมายสอดคล้องกับข้อใด
   ก. เป็นพืชน้ำ
   ข. เป็นพืชดอก
   ค. เป็นพืชที่มีรากแก้ว
   ง. เป็นพืชที่ไม่มีรากแก้ว

10. ข้อใดเป็นสิ่งที่สังเกตเห็นชัดเจนจากการทดลองปลูกผักบุ้งจีนในน้ำประปาและน้ำมูลสัตว์
   ก. ขนาดใบ
   ข. จำนวนราก
   ค. ขนาดของลำต้น
   ง. ความสูงของลำต้น

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 6
การสร้างถังดักไขมัน

สาระสำคัญ

น้ำมันและไขมันจะพบบ่อยๆ ในน้ำเสียที่มาจากร้านอาหารทั่วๆ ไป ตามครัวเรือนที่มีการปรุงอาหาร สถานีจำหน่ายน้ำมันและอู่ซ่อมรถยนต์ ไขมันต่างๆ เหล่านี้เป็นสารอินทรีย์และย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยาก

นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังพบว่าพวกไขมันมากับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานบรรจุอาหารกระป๋อง โรงฆ่าสัตว์ต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งก่อนที่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือการที่จะไหลเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

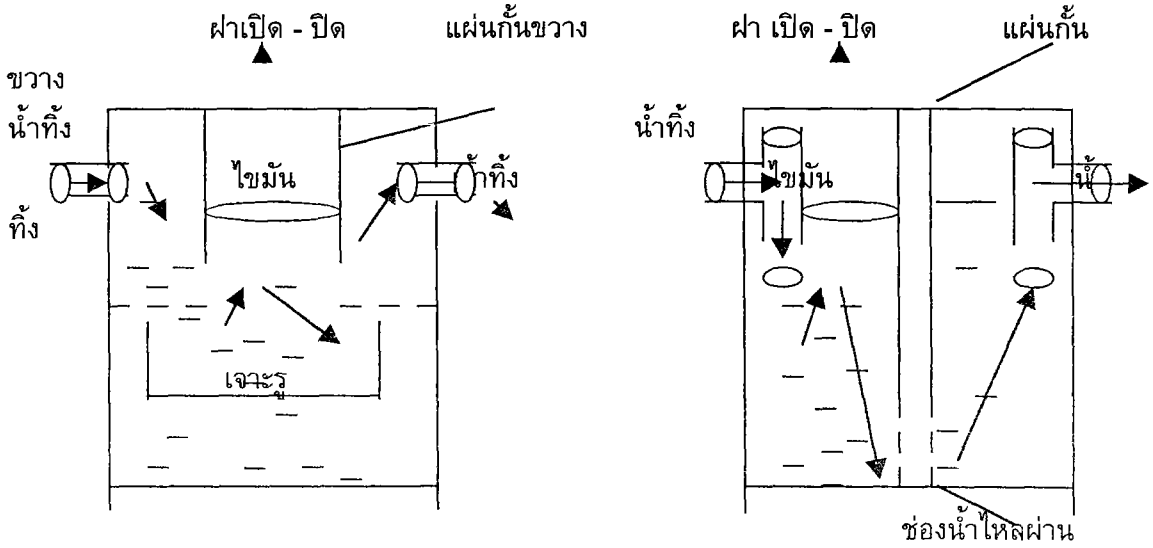
ในการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีดังนี้

1. การเติมคลอรีน
2. การเติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ
3. การทำให้ลอย
4. การเพิ่มอุณหภูมิ
5. การขัดถู
6. การเป่าอากาศ

วิธีที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด มีอยู่วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ การทำให้ลอย

การทำให้ลอย เป็นกระบวนการที่นิยมใช้กันมากสำหรับการกำจัดน้ำมันและไขมัน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นที่กล่าวมา กระบวนการทำให้ลอยนี้มีหลักการคือ นำน้ำที่ผสมกับไขมันใส่ลงในภาชนะบรรจุแล้วปล่อยให้น้ำมันและไขมันลอยขึ้นมาอยู่บนผิวน้ำ จากนั้นจึงใช้วิธีการกวาดหรือช้อนพวกน้ำมันหรือไขมันที่อยู่บริเวณผิวน้ำออกจากถัง

การออกแบบถังดักไขมัน คือ ต้องมีขนาดพื้นที่ผิวของถังเพียงพอกับปริมาณไขมันที่จะลอยขึ้นมา ความเร็วของน้ำไหลภายในถังต้องต่ำที่สุดเท่าที่จะมีได้



ภาพประกอบ 16 การสร้างถังดักไขมันหรือน้ำมันแบบทั่วๆ ไป

ข้อดีของการสร้างถังดักไขมัน

1. ช่วยลดคราบน้ำมันที่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ
2. ไม่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำ
3. ทำให้แสงแดดส่องลงสู่แหล่งน้ำได้ทั่วถึง

บทปฏิบัติการที่ 6
การสร้างถังดักไขมัน

หลักการ

การสร้างถังดักไขมันเป็นวิธีการกำจัดน้ำมันหรือไขมันก่อนที่จะนำไปบำบัดด้วยวิธีการต่างๆ ต่อไป โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีในท้องถิ่นมาใช้ในการสร้าง โดยใช้หลักการของการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสียโดยทำให้ลอย ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบการสร้างถังดักไขมันเอง และสามารถที่จะนำไปใช้ได้จริง

จุดประสงค์

1. นักเรียนสามารถอธิบายถึงผลเสียที่เกิดจากการมีคราบไขมันลอยอยู่เหนือผิวน้ำได้
2. นักเรียนเกิดความตระหนักถึงความจำเป็นในการแยกไขมันออกจากน้ำทิ้งได้
3. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างถังดักไขมันรูปแบบต่างๆ โดยใช้วัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ในท้องถิ่นได้

สารเคมีและอุปกรณ์

1. น้ำมันพืช	10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. แกลลอนน้ำมัน	2 แกลลอน
3. ท่อพลาสติกและท่อพีวีซี ขนาด 4 หุน	30 เซนติเมตร
4. ใบเลื่อยเหล็ก	1 ใบ
5. ดินน้ำมันหรือดินเหนียว	3 ก้อน
6. ข้องอ 90 องศา	2 อัน
7. ข้อต่อ 3 ทาง	2 อัน
8. โฟมหนา □ นิ้ว กว้าง 3 นิ้ว ยาว 6นิ้ว	1 แผ่น

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนปฏิบัติดังต่อไปนี้

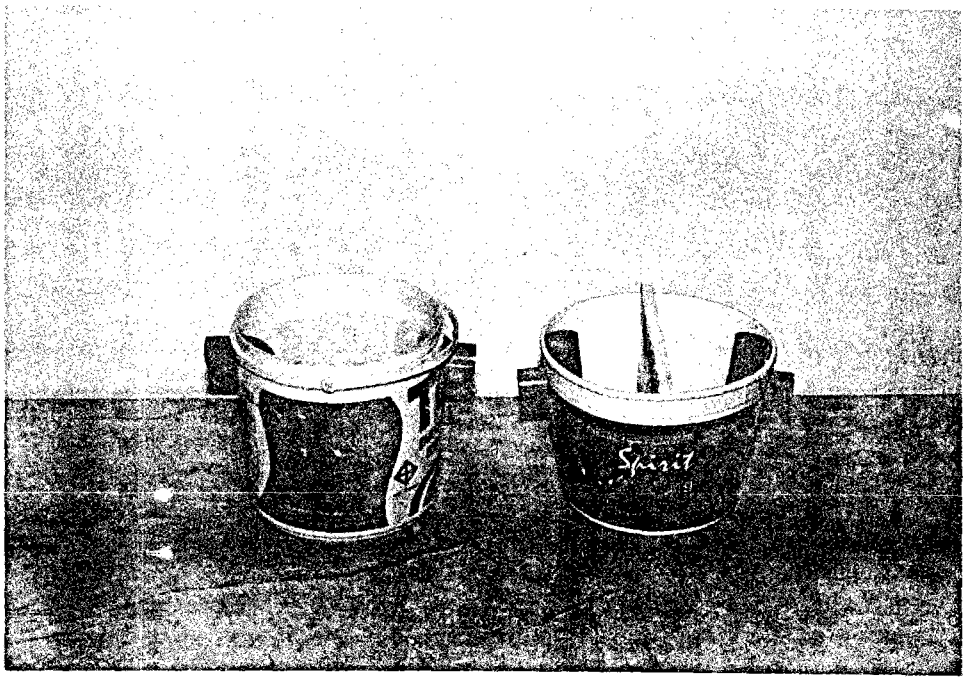
1. ครูนำรูปแบบถังดักไขมันมาให้นักเรียนศึกษา หลักการทำงาน วิธีสร้าง ประโยชน์ และวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่สามารถนำมาใช้สร้างทดแทนได้

2. นำวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ในท้องถิ่นเช่น แกลลอนน้ำมัน ท่อพลาสติกและท่อพีวีซีมาประกอบเป็นถังดักไขมันรูปแบบต่างๆ ตามความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคลและสามารถนำมาสาธิตการทำงานได้จริง

3. ออกแบบถังดักไขมันที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวันตามความคิดสร้างสรรค์

4. บันทึกผลการทดลองจากแบบที่ออกเพื่อทำการทดลอง

5. สรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางในการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์



ภาพประกอบ 17 ถังดักไขมันแบบต่างๆ

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 6 การสร้างถังดักไขมัน

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

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

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

ออกแบบการสร้างถังดักไขมัน

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

ตัวอย่างถังดักไขมัน

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

1. ความรู้ที่ได้รับคือ .....

.....

.....

.....

.....

2. ทักษะที่ได้รับคือ .....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. น้ำมันและคราบไขมันในน้ำส่งผลให้เกิดปัญหาต่อสัตว์น้ำในเรื่องใดมากที่สุด
   ก. น้ำมันทำให้สัตว์น้ำตาย
   ข. สิ่งมีชีวิตในน้ำทุกชนิดไม่อาจดำรงชีวิตได้
   ค. คราบน้ำมันรบกวนที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ
   ง. ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของสัตว์น้ำ

2. การกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่วิธีที่นิยมกันมากและประหยัดค่าใช้จ่ายคือวิธีใด
   ก. การทำให้ลอย
   ข. การเป่าอากาศ
   ค. การเติมคลอรีน
   ง. การเพิ่มอุณหภูมิ

3. ถังดักไขมันที่นักเรียนจะนำไปใช้ตามบ้านเรือน ต้องคำนึงถึงสิ่งใดเป็นสำคัญ
   ก. ต้องทนทาน
   ข.. ต้องมีขนาดของท่อน้ำทิ้งพอเหมาะ
   ค. ต้องมีขนาดเพียงพอกับปริมาณไขมันและน้ำที่ใช้
   ง. ต้องมีความสวยงามมองแล้วน่านำไปใช้

4. ไขมันที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำในถังดักไขมัน จะใช้วิธีการใดนำไขมันขึ้นจากผิวน้ำ
   ก. กวาดหรือช้อน
   ข. เพิ่มอุณหภูมิให้ไขมันละลาย
   ค. รินเอาไขมันออกจากถังดักไขมัน
   ง. ปล่อยไว้เฉยๆ ให้ไขมันระเหยเอง

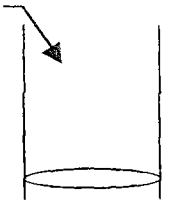
5. แม่น้ำบริเวณหน้าโรงงานน้ำมันเครื่องมักจะเน่าเสีย เนื่องจากสาเหตุใด
   ก. น้ำทิ้งมีอุณหภูมิสูง
   ข. น้ำทิ้งมีผงซักฟอกปนอยู่มาก
   ค. น้ำทิ้งมีสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในการผลิต
   ง. น้ำทิ้งมีคราบไขมันที่ลอยเหนือผิวน้ำทำให้อากาศละลายในน้ำไม่ได้

6. น้ำทิ้งจากโรงงานปิโตรเคมีจะเห็นข้อใดลอยขึ้นเหนือผิวน้ำของน้ำทิ้งจากโรงงานปิโตรเคมี
   ก. ตะไคร่น้ำ
   ข. ฟองอากาศ
   ค. ถุงพลาสติก
   ง. คราบไขมัน

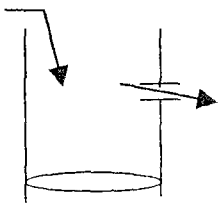
7. เราสามารถวัดไขมันที่เก็บขึ้นจากน้ำทิ้งด้วยวิธีใด
   ก. ชั่ง
   ข. วัดปริมาตร
   ค. วัดความสูง
   ง. วัดความกว้าง

8. รูปภาพข้อใดสื่อความหมายว่า "ถังดักไขมัน"

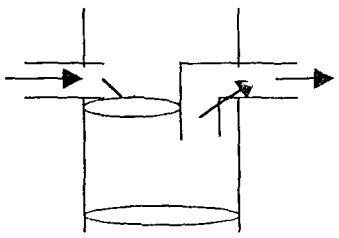
ก.



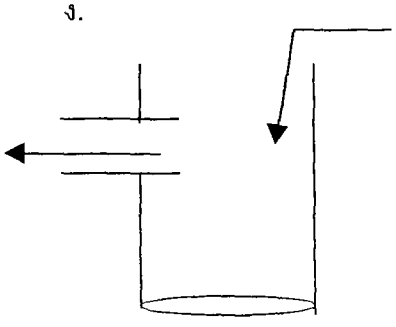
ข.



ค.



ง.



9. ถ้านักเรียนต้องการบำบัดน้ำทิ้งที่มีไขมัน ควรเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดใดในการทดลอง
   ก. ถังดักไขมัน
   ข. ถังตกตะกอน
   ค. ถังดักกรวดทราย
   ง. ถังกรองไร้อากาศ

10. ในน้ำเสียที่มีไขมันปนอยู่ เมื่อให้ความเย็นแล้วจะมีลักษณะอย่างไร
   ก. เป็นไอ
   ข. เป็นแผ่น
   ค. เป็นของเหลว
   ง. ละลายปนกับน้ำ

ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการที่ 7
การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

สาระสำคัญ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียหรือน้ำทิ้ง จะมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่ละวิธีจะทำการบำบัดแตกต่างกันไป ในบางครั้งน้ำเสียที่มีอยู่ตามชุมชนหรือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ในการบำบัดจะต้องนำวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีต่างมาใช้ในการบำบัดเป็นขั้นๆ ไป จนกว่าน้ำเสียเหล่านั้นปราศจากสิ่งเจือปน

การปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นขบวนการที่จะทำให้น้ำที่ถูกปนเปื้อนมีคุณภาพที่ดีเพียงพอสำหรับการใช้อุปโภคบริโภค เช่น น้ำประปา น้ำใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพน้ำจึงจำเป็นต้องพิจารณาจากสารปนเปื้อนต่างๆ ที่น้ำได้รับมา กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในแต่ละสถานที่ จึงแตกต่างกันไปตามชนิดและความรุนแรงของสารปนเปื้อน

การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยทั่วไปอาจแบ่งตามจุดประสงค์ได้ 2 ลักษณะด้วยกันคือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบก่อนนำไปใช้ และการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียก่อนระบายทิ้ง

1. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อนำไปใช้ คือ การลดสารปนเปื้อนด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมี

2. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียก่อนนำไปทิ้ง มีจุดประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เพื่อมิให้ผู้ใช้น้ำปล่อยน้ำเสียที่มีสารปนเปื้อนเกินค่ากำหนดมาตรฐานลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

บทปฏิบัติการที่ 7
การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

หลักการ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำมีการวิธีดังนี้ ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นก่อน แล้วจึงนำไปทำการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ทางชีววิทยา ทางกายภาพ ทางเคมี

จุดประสงค์

1. นำหลักการตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้น้ำเสีย
2. ประยุกต์ใช้หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ

สารเคมีและอุปกรณ์

1.	น้ำสบู่	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2.	น้ำมะพร้าว	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3.	น้ำประปา	3000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4.	ดินเหนียวบดละเอียด	10 กรัม
5.	โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 เปอร์เซนต์	1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6	อาซิติก แอซิก	1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7.	สารส้มบดละเอียด	10 กรัม
8.	น้ำปูนขาว	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
9.	ขวดโหลพลาสติกขนาด 2 ลิตร	2 ใบ
10.	กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	10 อัน
11.	แท่งแก้ว	1 อัน
12.	กระดาษกรอง	2 แผ่น
13.	ผ้าขาวบางหรือผ้ามุ้งขนาด 6 X 12 นิ้ว	2 ผืน
14.	ตะกร้าแบบละเอียด	1 ใบ
15.	กระชอน	1 อัน

<u>วิธีการทดลอง</u>

ให้นักเรียนปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. นำขวดพลาสติกใสขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 ใบ (ตัดปากขวด) ใส่สารละลายที่ครูเตรียมไว้ปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร และติดป้ายชื่อสารละลายตามหมายเลข

2. ตรวจสอบคุณภาพของน้ำ ด้วยวิธีการตรวจสอบที่เคยศึกษาจากการทดลองมาแล้วจากบทปฏิบัติการที่ 1 – 6 เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการออกแบบการทดลอง

3. ออกแบบการทดลองและบันทึกผลการทดลองเพื่อปรับสภาพน้ำให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

4. สรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางในการนำความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ ไปใช้ประโยชน์ ในชีวิตประจำวัน

ภาพประกอบ 18 สารละลายหมายเลข 1 สารละลายหมายเลข 2

รายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ 7 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ชื่อผู้ทดลอง 1. .....ชั้น ..... เลขที่ .....

2. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

3. .....ชั้น ..... เลขที่ .....

4. ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

5. .....ชั้น ..... เลขที่ .....

วัน / เดือน / ปี ..... กลุ่มที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง

1. .....

2. .....

3. .....

ออกแบบการทดลอง

1. .....

.....

2. .....

.....

3. .....

.....

4. .....

.....

5. .....

.....

ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

<u>อภิปรายผลการทดลอง</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

1. ความรู้ที่ได้รับคือ .....

.....

.....

.....

.....

2. ทักษะที่ใช้คือ .....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ทับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การปรับปรุงคุณภาพน้ำควรคำนึงถึงสิ่งใดเป็นอันดับแรก
   ก. กลิ่น
   ข. ตะกอน
   ค. สีของน้ำ
   ง. สารปนเปื้อน

2. น้ำประปาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาจากกระบวนการใด
   ก. การกลั่น
   ข. การกรองน้ำ
   ค. การบำบัดน้ำ
   ง. การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

3. การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมี 2 ลักษณะคือข้อใด
   ก. ก่อนนำไปใช้และหลังนำไปทิ้ง
   ข. หลังนำไปใช้และหลังนำไปทิ้ง
   ค. หลังนำไปใช้และก่อนนำไปทิ้ง
   ง. ก่อนนำไปใช้และก่อนนำไปทิ้ง

4. ปัจจุบันรัฐบาลให้ความสนใจในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ใด
   ก. เพื่อลดปริมาณขยะในน้ำ
   ข. เพื่อให้การสัญจรทางน้ำดีขึ้น
   ค. เพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม
   ง. เพื่อลดการใช้น้ำโดยไม่จำเป็น

5. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำ
   ก. เป็นกระบวนการที่จะทำให้น้ำที่ถูกปนเปื้อนมีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับการใช้สอย
   ข. เพื่อนำไปใช้จะนำไปบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพเพียงอย่างเดียว
   ค. เพื่อลดการใช้น้ำโดยไม่จำเป็น
   ง. เพื่อรักษาสิ่งมีชีวิตในน้ำ

6. เมื่อแกว่งสารส้มลงในถังน้ำที่ขุ่น แล้วตั้งทิ้งไว้สักครู่นักเรียนจะสังเกตเห็นสิ่งใด
   ก. น้ำใส
   ข. น้ำขุ่น
   ค. น้ำมีตะกอน
   ง. น้ำใสและมีตะกอนก้นถัง

7. ในระหว่างทำการทดลองมีความจำเป็นหรือไม่ที่ต้องทำเครื่องหมายไว้ที่ภาชนะบรรจุสารเคมี
   ก. มีความจำเป็น เพื่อป้องกันการสับสน
   ข. ไม่มีความจำเป็น เพราะทำให้เสียเวลา
   ค. มีความจำเป็น เพื่อความสะดวกและรวดเร็ว
   ง. ไม่มีความจำเป็น เพราะผู้ทดลองมีหลายคนที่จะช่วยกันจำ

8. ถ้าจะปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย ใช้วิธีการตามข้อใด
   ก. สังเกตสิ่งปนเปื้อน ตรวจสอบความเป็นกรด-เบส
   ข. สังเกตปริมาณขยะและสิ่งปฏิกูล ตรวจสอบเชื้อโรค
   ค. สังเกตสีและกลิ่นของน้ำ ตรวจสอบความเป็นกรด-เบส
   ง. สังเกตน้ำที่เป็นฟองและมีตะไคร่สีเขียวลอยอยู่บนผิวน้ำ

9. ค่า pH หมายความว่าอย่างไร
   ก. บอกคุณภาพของสาร
   ข. ค่าที่บอกสถานะของสาร
   ค. ค่าที่บอกความสามารถในการละลาย
   ง. ค่าที่บอกความเป็น กรด – เบส - กลาง

10. ถ้าต้องการแสดงปริมาณของน้ำเสียที่มาจากชุมชนกับโรงงานอุตสาหกรรม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2541 ถึงปี พ.ศ. 2543 ควรนำเสนอในรูปแบบใด ?
   ก. ตาราง
   ข. กราฟ
   ค. แผนภูมิ
   ง. บรรยาย

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการ

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 1
การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อจบหัวข้อนี้แล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. สามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้นได้
2. อธิบายลักษณะทางกายภาพของน้ำเบื้องต้นได้
3. เปรียบเทียบน้ำสะอาดและน้ำเสียได้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนให้ความรู้ ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพน้ำเบื้องต้น

จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำเบื้องต้น

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

1. บอกลักษณะทางกายภาพของน้ำได้
2. ตรวจสอบคุณภาพของน้ำตัวอย่างได้
3. สามารถเปรียบเทียบลักษณะของน้ำสะอาดกับน้ำเสียได้

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
	ทำการทดลอง	30 นาที
	อภิปรายผลหลังการทดลอง	20 นาที
	รวม	70 นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
น้ำกลั่น	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำเสียจากชุมชน	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำประปา	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมูลสัตว์	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
สารละลายน้ำส้มสายชู	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
สารละลายน้ำยาล้างห้องน้ำ	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำบาดาล	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำคลอง	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ต่อ อุปกรณ์

รายการ	ต่อกลุ่ม
<u>อุปกรณ์</u>	
กระบอกแก้วตวงขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร	1 ใบ
แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
แผ่นกระจก	1 แผ่น
เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	8 แผ่น

<u>การเตรียมล่วงหน้า</u>

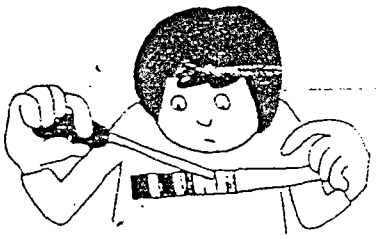
ครูเตรียมน้ำตัวอย่างต่าง ๆ ดังนี้

1. น้ำเสียจากชุมชนที่มีสีดำและมีกลิ่นเหม็น โดยให้นักเรียนเตรียมมาในตอนเช้าก่อนการทดลอง หรืออาจใช้เศษอาหารผสมกับน้ำความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร เตรียมไว้ล่วงหน้า 3 วัน
2. น้ำประปา ควรเปิดใส่ภาชนะปากกว้างก่อน 1 วัน เพื่อให้ปราศจากกลิ่นคลอรีน
3. น้ำมูลสัตว์ ความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร เตรียมไว้ล่วงหน้า 3 วัน เก็บไว้ในขวดปากแคบ
4. น้ำส้มสายชู ควรผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:3
5. น้ำบาดาล ควรเตรียมก่อนล่วงหน้า 2 – 3 ชั่วโมง
6. น้ำยาล้างห้องน้ำ ควรผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:3
7. น้ำคลอง ควรเป็นน้ำที่ประชาชนตามริมคลองยังใช้กันอยู่
8. น้ำกลั่น ควรเป็นน้ำกลั่นที่ใช้ในห้องทดลอง

<u>อภิปรายก่อนการทดลอง</u>

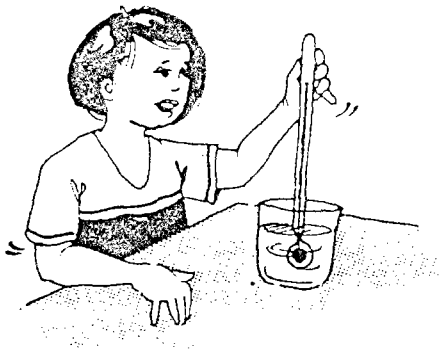
ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่างทุกชนิดและวิธีการดมให้ใช้มือพัดกลิ่นมาดมห้ามใช้จมูกดมกลิ่นโดยตรง
2. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ การใช้เทอร์โมมิเตอร์ การใช้กระบอกแก้วตวง



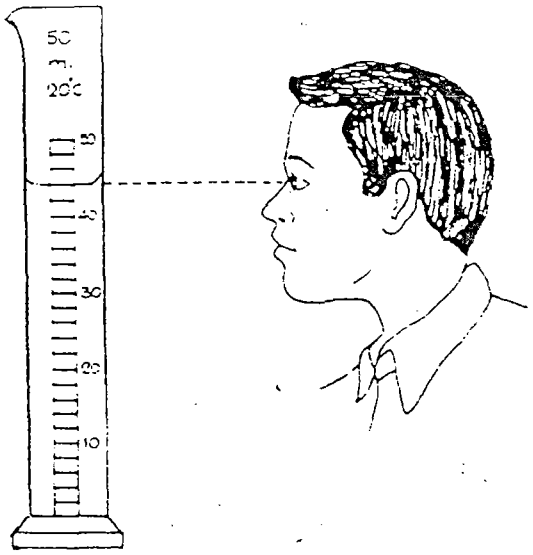
การทดสอบโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ใช้แท่งแก้วจุ่มลงในน้ำตัวอย่างนำมาแตะที่กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ จากนั้นสังเกตสีที่เปลี่ยนบนกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ การอ่านเลขที่ตรงกับสีจะต้องอ่านภายใน 30 วินาที สีที่เปลี่ยนหลังจาก 30 วินาที จะเป็นค่าที่ผิดพลาด ดังภาพประกอบ 19

ภาพประกอบ 19 การใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์



การใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดสิ่งใดต้องให้กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์จุ่มอยู่ ในสิ่งนั้นหรือสัมผัสกับสิ่งที่จะวัดให้มากที่สุด และก้านเทอร์โมมิเตอร์ต้องตั้งตรง เมื่อระดับของเหลวในเทอร์โมมิเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว จึงอ่านค่าอุณหภูมิตรงขีดที่ตรงกับระดับของเหลวในเทอร์โมมิเตอร์โดยให้สายตาอยู่ที่ระดับเดียวกับของเหลวและเทอร์โมมิเตอร์ยังจุ่มอยู่ในสิ่งที่ต้องการวัด ดังภาพปรพกอบ 20

ภาพประกอบ 20 การใช้เทอร์โมมิเตอร์



วิธีการอ่านค่าบนกระบอกตวง เนื่องจากลักษณะผิวหน้าของน้ำเว้าตรงกลาง เวลาอ่านให้อ่านที่ขีดบอกระดับตรงส่วนล่างสุดของผิวโค้งโดยให้ตาอยู่ตรงกับระดับน้ำเสมอ ดังภาพประกอบ 21

ภาพประกอบ 21 การอ่านค่าบนกระบอกตวง

3. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน

4. ติดป้ายชื่อน้ำตัวอย่างทุกชนิดที่นำมาทดลองที่ข้างขวดทุกใบ
5. บันทึกผลการทดลอง
6. สรุปผลการทดลองเป็นการอภิปรายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

ผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH	อุณหภูมิ
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		
ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง		✓		✓		✓	5.5-9	ไม่เกิน40°C
1.น้ำกลั่น		✓		✓		✓	7	32
2.น้ำเสียจากชุมชน	✓		✓		✓		7	35
3.น้ำประปา		✓		✓		✓	7	33
4.น้ำมูลสัตว์	✓		✓		✓		6	35
5.สารละลายน้ำสัมสายชู		✓	✓			✓	3	32
6.สารละลายน้ำยาล้างห้องน้ำ	✓		✓			✓	1	32
7.น้ำบาดาล		✓		✓		✓	7	33
8.น้ำคลอง	✓			✓		✓	6	34

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองที่ทดลองได้จริง

ค่า pH กราฟเปรียบเทียบค่าpH

อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองบนกระดานดำ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

2.1 น้ำที่มีผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำกลั่น คือ น้ำประปา และน้ำบาดาล แสดงว่าเป็นน้ำสะอาดสามารถนำไปใช้ในการบริโภคได้

2.2 น้ำที่มีผลการทดลองแตกต่างไปจากน้ำกลั่น คือ น้ำคลอง ซึ่งแตกต่างเฉพาะสีของน้ำที่มาจากเศษของใบไม้เน่าและจากการชะล้างหน้าดิน แต่ก็มีปริมาณที่น้อยมากสามารถนำมาใช้อุปโภคได้

2.3 น้ำที่มีผลการทดลองแตกต่างไปจากน้ำกลั่น คือ น้ำเสียจากชุมชน น้ำมูลสัตว์ น้ำส้มสายชู น้ำยาล้างห้องน้ำ ดังนี้

น้ำยาล้างห้องน้ำมีสีเขียว กลิ่นเมนทอลและมีค่า pH เท่ากับ1 แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นกรด

น้ำเสียจากชุมชนและน้ำมูลสัตว์ มีสีเทาดำ มีกลิ่นเหม็นและมีเศษอาหารปนเปื้อน แสดงว่าน่าจะเป็นน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน และจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์

น้ำส้มสายชู มีกลิ่นเปรี้ยว ค่า pH เท่ากับ 3 แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นกรดและเป็นกรดที่อ่อนกว่าน้ำยาล้างห้องน้ำ สามารถนำมาใช้ในการปรุงอาหารได้แต่ห้ามใช้ในปริมาณที่มากเพราะจะทำให้เกิดโทษแก่ร่างกายได้

ดังนั้น น้ำเสียจากชุมชน น้ำมูลสัตว์ และน้ำยาล้างห้องน้ำ จึงเป็นน้ำเสีย เนื่องจากมีลักษณะแตกต่างไปจากน้ำกลั่น

2.4 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำที่เป็นไปตามเกณฑ์คือ น้ำกลั่น น้ำประปา น้ำบาดาล

<u>แนวคำตอบคำถามท้ายการทดลอง</u>

ข้อที่ 1 เฉลย ก. น้ำที่มีสีดำ มีกลิ่น
ข้อที่ 2 เฉลย ค. ขยะและสิ่งปฏิกูลจากโรงงาน
ข้อที่ 3 เฉลย ง. น้ำบาดาล น้ำมูลสัตว์
ข้อที่ 4 เฉลย ข. น้ำประปาและน้ำบาดาล
ข้อที่ 5 เฉลย ค. เพราะน้ำที่เป็นกลางมี pH อยู่ที่ 7
ข้อที่ 6 เฉลย ข. เมื่อตรวจสอบแล้วน้ำบาดาลเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง
ข้อที่ 7 เฉลย ข. ดมกลิ่น
ข้อที่ 8 เฉลย ก. เขียนกราฟ
ข้อที่ 9 เฉลย ง. ใช้แท่งแก้วจุ่มลงในน้ำตัวอย่างในขวดพลาสติกใสแล้วนำไปแตะกระดาษ pH ที่วางบนกระจก
ข้อที่ 10 เฉลย ค. ให้สมาชิกเพียงคนเดียวของกลุ่มวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่าง อย่างระมัดระวัง 4 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยจากการวัด 4 ครั้ง

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 2
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการและการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจน
2. อธิบายหลักการและการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน
3. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 2 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา

การทดลองนี้มีจุดมุงหมาย เพื่อศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้วสามารถ

1. อธิบายการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจน
2. อธิบายการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน
3. สามารถบอกข้อดีข้อเสีย ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	15 นาที
ทำการทดลอง	30 นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	25 นาที
รวม	70 นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
น้ำเสียชุมชน	2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมูลสัตว์	2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
อุปกรณ์	
เครื่องปั๊มลม (ชนิดที่ใช้ในตู้ปลา)	1 เครื่อง
ขวดน้ำดื่มชนิดใสขนาด 2 ลิตร	4 ใบ
กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์	1 ตลับ
เทอร์โมมิเตอร์	1 อัน
แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง

การเตรียมล่วงหน้า

น้ำเสียควรเป็นน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่มีกลิ่นเหม็นและมีสีดำ ครูให้นักเรียนนำมาจากบ้านตอนเช้าก่อนทำการทดลอง หรือใช้เศษอาหารผสมกับน้ำความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร เตรียมไว้ล่วงหน้า 3 วันและก่อนนำมาทำการทดลองควรกวนให้ตะกอนลอยตัวผสมกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน

น้ำมูลสัตว์ ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร เตรียมไว้ล่วงหน้า 3 วันเก็บไว้ในขวดปากแคบและก่อนนำมาทำการทดลองควรกวนให้ตะกอนลอยตัวผสมกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกัน

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนให้ทำหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่างและในการดมกลิ่นใช้มือพัดกลิ่นมาดมห้ามใช้จมูกโดยตรง
2. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้เครื่องปั๊มลม
3. ทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. นำขวดน้ำดื่มชนิดใสขนาด 2 ลิตร จำนวน 4 ขวด มารับน้ำตัวอย่างปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ 1 ขวด เขียนป้ายชื่อติดข้างขวดสำหรับน้ำตัวอย่างแต่ละชนิด(โดยแบ่งเป็น 2 ชุด)
5. เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำตัวอย่างเรียบร้อยแล้วให้ปิดปากขวดน้ำตัวอย่างชุดที่ 1 ส่วนน้ำตัวอย่างชุดที่ 2 ให้นำปั๊มลมที่มีหัวฟู่ใส่ลงไปในขวดน้ำชุดที่ 2 ทั้ง 2 ขวด (เปิดเครื่องปั๊มลมตลอดเวลาจนกว่าจะเสร็จการทดลอง)
6. บันทึกผลการทดลอง
7. สรุปผลการทดลองเป็นการอภิปรายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 1)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน	ดำ	ดำ	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	30
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาล	น้ำตาล	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	29

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 2)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน	ดำ	ดำ	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	30
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาล	น้ำตาล	เหม็น	เหม็น	มี	มี	7	7	30	29

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 3)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน	จางลง	ใส	เหม็น	ไม่เหม็น	ลดลง	มี	7	7	31	39
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	เหม็น	ไม่เหม็น	ลดลง	มี	7	7	30	28

ผลการทดลอง (ครั้งที่ 4)

น้ำตัวอย่าง	สี		กลิ่น		ตะกอน		ค่า pH		อุณหภูมิ	
	ชุด1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด 1	ชุด 2	ชุด1	ชุด 2
น้ำเสียจากชุมชน	จางลง	ใส	เหม็น	ไม่เหม็น	ลดลง	มี	7	7	31	29
น้ำมูลสัตว์	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลอ่อน	เหม็น	ไม่เหม็น	ลดลง	มี	7	7	30	28

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองที่ทดลองได้จริง

อภิปรายผลหลังการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

1. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนจะทำให้การบำบัดที่ได้ผลรวดเร็วทำให้สีและกลิ่นจางลง ส่วนปริมาณตะกอนจะอยู่เท่าเดิม ค่า pH จะคงที่ อุณหภูมิจะลดลงเล็กน้อย การบำบัดด้วยวิธีนี้จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัด

2. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน การบำบัดจะต้องใช้เวลามากแต่ปริมาณตะกอนจะลดลง กลิ่นเหม็น สีเหมือนเดิม ค่า pH คงที่ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การบำบัดด้วยวิธีนี้ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายแต่ต้องใช้เวลาในการบำบัดนาน

3. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนและแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนมีสิ่งที่เหมือนกันคือค่า pH จะคงที่ ส่วนที่ต่างกันคือสี กลิ่น ปริมาณตะกอน และอุณหภูมิ

4. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนมีข้อดีกว่าการบำบัดแบบใช้ก๊าซออกซิเจน คือ ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัด ช่วยลดปริมาณตะกอนได้มาก ส่วนข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการบำบัดนาน

5. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ก๊าซออกซิเจนมีข้อดีคือ ใช้เวลาในการบำบัดน้อยกว่าแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ส่วนข้อเสียคือ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัด

แนวคำตอบคำถามท้ายการทดลอง

ข้อที่ 1 เฉลย ข. แบบที่ใช้จุลินทรีย์ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีวิต

ข้อที่ 2 เฉลย ง. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

ข้อที่ 3 เฉลย ก. ก๊าซมีเทน

ข้อที่ 4 เฉลย ง. การบำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน

ข้อที่ 5 เฉลย ง. จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ร้อยละ 80 - 90

ข้อที่ 6 เฉลย ข. ปริมาณตะกอน

ข้อที่ 7 เฉลย ข. นำกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์วางบนกระจกนาฬิกา ใช้แท่งแก้วสะอาดจุ่มของเหลวมาแตะ

ข้อที่ 8 เฉลย ค. C

ข้อที่ 9 เฉลย ข. ก๊าซออกซิเจน

ข้อที่ 10 เฉลย ก. กราฟเปรียบเทียบค่า pH

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 3
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อจบหัวข้อนี้แล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

1. อธิบายขั้นตอนและหลักการในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
2. สามารถเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ
3. สรุปข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 3 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ โดยเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับน้ำตัวอย่าง

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนควรจะสามารถสามารถ

1. เลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้
2. นำความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. บอกข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
ทำการทดลอง	30 นาที
อภิปรายผลหลังการทดลอง	20 นาที
รวม	70 นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อกลุ่ม
สารเคมี	
น้ำผสมกับข้าวสุก	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำผสมกับเศษกระดาษ	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำผสมกับดินบดละเอียด	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำที่มีสารแขวนลอย	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
อุปกรณ์	
ตะแกรงหยาบ	1 อัน
ตะแกรงละเอียด	1 อัน
กระชอน	1 อัน
ผ้ามุ้ง	1 ผืน
ถังตกตะกอน	1 ถัง
ขวดพลาสติกชนิดใส ขนาด 2 ลิตร	4 ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมน้ำตัวอย่างต่างๆ ดังนี้

1. น้ำผสมกับข้าวสุก ใช้ข้าวสุก จำนวน 50 กรัม เติมน้ำครบ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. น้ำผสมกับเศษกระดาษ ฉีกกระดาษให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในขวดพลาสติกใส จำนวน 10 กรัม เติมน้ำครบ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. น้ำผสมกับดินเหนียวบดละเอียด นำดินที่บดละเอียดแล้วใส่ลงในขวดพลาสติกใส จำนวน 10 กรัม เติมน้ำครบ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. น้ำที่มีสารแขวนลอย ให้นักเรียนเตรียมมาจากบ้าน โดยนำมาจากแหล่งน้ำที่ใกล้บ้าน

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่างทุกชนิด

2. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้ตะกร้า การใช้ผ้าขาวบาง การใช้ถังตกตะกอน การใช้กระดาษกรอง

3. ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน

4. ติดป้ายชื่อน้ำตัวอย่างที่ขวดทุกขวด

5. ออกแบบการทดลอง แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่กำหนดให้

6. สรุปผลการทดลอง เป็นการอภิปรายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

ผลการทดลอง

น้ำตัวอย่าง	อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัด
1. น้ำผสมกับข้าวสุก	ตะแกรงละเอียด กระชอน ถังตกตะกอน
2. น้ำผสมกับเศษกระดาษ	ตะแกรงหยาบ แกรงละเอียด
3. น้ำผสมกับดินบดละเอียด	ผ้าขาวบาง ถังตกตะกอน
4. น้ำที่มีสารแขวนลอย	ตะแกรงละเอียด ผ้าขาวบาง ถังตกตะกอน

อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำเสนอผลการออกแบบผลการทดลองบนกระดานดำ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

2.1 น้ำผสมกับข้าวสุก อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการบำบัดควรจะเป็นตะแกรงละเอียดที่สานจากไม้ไผ่หรือตะกร้าละเอียด เพราะข้าวสุกมีขนาดเล็ก แต่ถ้ามีเศษที่ละเอียดหลุดรอดไปได้ก็ใช้ผ้าขาวบางกรองอีกทีหนึ่ง

2.2 น้ำผสมกับเศษกระดาษ อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการบำบัดควรจะเป็นตะแกรงหยาบหรือตะแกรงละเอียดขึ้นอยู่กับขนาดของกระดาษที่จะทำการบำบัด

2.3 น้ำผสมกับดินบดละเอียด อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการบำบัดเมื่อพิจารณาแล้วควรจะใช้ผ้าขาวบางมาทำการกรองก่อน และถ้ามีส่วนที่รอดจากผ้าขาวบางออกไปได้ ก็จะใช้ถังตกตะกอนเพื่อให้ตะกอนเล็กๆ ตกลงสู่ก้นถัง

2.4 น้ำที่มีสารแขวนลอย ต้องพิจารณาสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำก่อน ต่อจากนั้นจึงเลือกใช้อุปกรณ์ที่จะนำมาบำบัดควรจะเป็นตะแกรงละเอียด ผ้าขาวบาง และถังตกตะกอน เพราะว่าน้ำที่มีสารแขวนลอยที่มาจากแหล่งน้ำชุมชน จะมีสารแขวนลอยที่เล็กและละเอียดมาก

สรุป การเลือกใช้อุปกรณ์ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางกายภาพ จะต้องพิจารณาสิ่งที่ปะปนอยู่ในน้ำก่อน ต่อจากนั้นจึงเลือกอุปกรณ์ที่จะใช้บำบัดให้เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อย่างเดียวในการบำบัด เพราะว่าสิ่งที่ปะปนมาในน้ำนั้นมีขนาดต่างๆ กัน

แนวคำตอบคำถามท้ายการทดลอง

ข้อที่ 1 เฉลย ค. ทางกายภาพ
ข้อที่ 2 เฉลย ง. แกว่งสารส้มแล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน
ข้อที่ 3 เฉลย ค. ตะแกรงหยาบ
ข้อที่ 4 เฉลย ง. น้ำมีลักษณะความขุ่นเหมือนเดิม
ข้อที่ 5 เฉลย ก. มักจะทำให้อุดตันง่าย
ข้อที่ 6 เฉลย ค. ทางกายภาพง
ข้อที่ 7 เฉลย ข. 1,3,2,5,4
ข้อที่ 8 เฉลย ก. ขนาดของสิ่งที่เจือปน
ข้อที่ 9 เฉลย ค. ผ้าขาวบางและถังตกตะกอน
ข้อที่ 10 เฉลย ค. เขียนกราฟ

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 4
การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถอธิบายขั้นตอนและหลักการในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
2. สามารถเลือกใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี
3. สรุปข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 4 การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีโดยการทำให้เป็นกลาง

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้วสามารถ

1. นำความรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
2. เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้
3. บอกข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมีได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
ทำการทดลอง	30 นาที
อภิปรายผลหลังการทดลอง	20 นาที
รวม	70 นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
น้ำมะนาว	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมะขามเปียก	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมะกรูด	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำปูนขาว	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำขี้เถ้า	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำปูนแดง	100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
อุปกรณ์	
ขวดน้ำดื่มพลาสติกชนิดใส ขนาด 500 ซีซี.	6 ใบ
หลอดหยดสาร	1 อัน
แท่งแก้วคนสาร	1 แท่ง
แผ่นกระจก	1 แผ่น
กระดาษpH	1 ตลับ
ถ้วยแกง	1 ใบ
กระดาษลิตมัสสีแดงและสีน้ำเงิน	6 แผ่น

การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมน้ำตัวอย่างต่างๆ ดังนี้

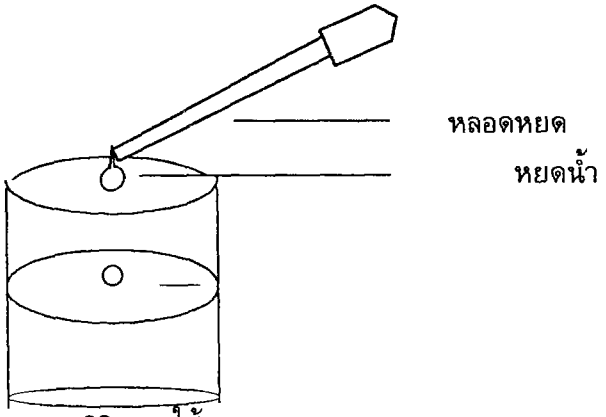
1. นำน้ำมะนาว ครึ่งถ้วยแกงผสมน้ำประปาครบ 1 ลิตร คนให้เข้ากัน
2. นำมะขามเปียก ครึ่งถ้วยแกงผสมน้ำประปาครบ 1 ลิตร ใช้มือขยำให้เข้ากัน
3. นำน้ำมะกรูด ครึ่งถ้วยแกงผสมน้ำประปาครบ 1 ลิตร คนให้เข้ากัน
4. นำปูนขาว ครึ่งถ้วยแกงผสมน้ำประปาครบ 1 ลิตร คนให้เข้ากัน
5. นำขี้เถ้า ครึ่งถ้วยแกงผสมน้ำประปาครบ 1 ลิตร คนให้เข้ากัน
6. นำปูนแดง ครึ่งถ้วยแกงผสมน้ำประปาครบ 1 ลิตร คนให้เข้ากัน
7. น้ำประปา ควรเปิดใส่ภาชนะปากกว้างก่อน 1 วัน เพื่อให้ปราศจากกลิ่นคลอรีน

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมน้ำตัวอย่างทุกชนิด

2. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้หลอดหยด การใช้กระดาษลิตมัส การทำกรดให้เจือจาง



ภาพประกอบ 22 การใช้หลอดหยด

<u>แสดงวิธีการใช้หลอดหยด</u>

ข้อควรระวัง

1. ใช้หลอดหยดที่สะอาดดูดน้ำตัวอย่างหรือของเหลวให้มีปริมาณกับที่ต้องการ

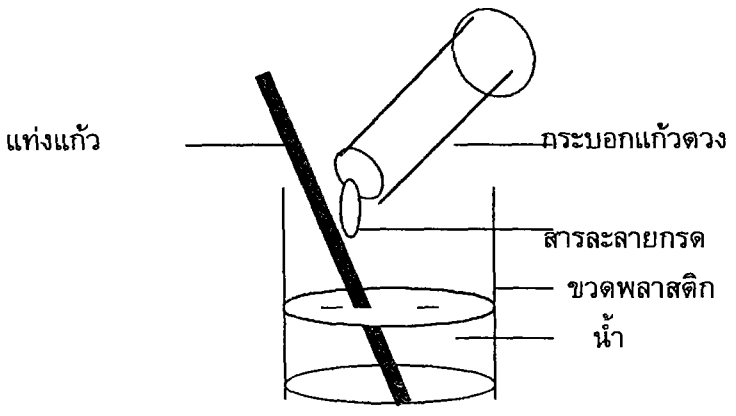
2. เมื่อดูดแล้วห้ามหงายหลอดหยดขึ้นเพราะจะทำให้สารไหลลงไปที่จุกยางซึ่งอาจทำปฏิกิริยากับจุกยางได้

3. ค่อย ๆบีบจุกยางเพื่อให้ของเหลวหยดทีละหยดอย่างสม่ำเสมอ อย่าให้ปลายหลอดหยดแตะขอบภาชนะ และอย่าให้สูงกว่าปากภาชนะมากเกินไป

เมื่อใช้เสร็จแล้วต้องล้างให้สะอาด แล้วต้องสะบัดให้แห้ง

<u>การใช้กระดาษลิตมัส</u>

กระดาษลิตมัสมีไว้สำหรับทดสอบความเป็นกรด – เบสการใช้กระดาษลิตมัสต้องใช้ทีละแผ่นโดยตัดขนาดพอเหมาะกับที่จะใช้ มือที่หยิบต้องสะอาดและแห้ง ถ้าจะทดสอบกับของเหลวต้องวางกระดาษลิตมัสบนถ้วยกระเบื้อง แผ่นกระจก หรือกระดาษที่สะอาด แล้วใช้แท่งแก้วที่สะอาดจุ่มของเหลวมาแตะ



ภาพประกอบ 23 แสดงวิธีการทำกรดให้เจือจาง

ข้อควรระวัง

1. แท่งแก้วที่ใช้ต้องสะอาด
2. ขณะเทสารละลายกรดควรเทไปที่แท่งแก้วเพื่อไม่ให้กรดกระเด็นถูกผู้ทำการทดลอง
3. การทำกรดเข้มข้นให้เจือจาง ควรเทกรดลงในน้ำผ่านแท่งแก้วอย่างช้าๆ และใช้แท่งแก้วคนตลอดเวลา
4. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. ติดป้ายชื่อน้ำตัวอย่างทุกชนิดที่นำมาทดลองข้างขวดทุกใบ
5. บันทึกผลการทดลอง
6. สรุปผลการทดลองเป็นการอภิปรายผลให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

บันทึกผลการทดลอง (ตารางที่1)

น้ำตัวอย่าง	กรด	เบส
น้ำมะนาว		
น้ำมะกรูด		
น้ำมะขามเปียก		
น้ำปูนขาว		
น้ำขี้เถ้า		
น้ำปูนแดง		

บันทึกผลการทดลอง (ตารางที่ 2)

น้ำตัวอย่าง	จำนวนหยด		สภาพ
	กรด	เบส	
น้ำมะนาว + น้ำปูนขาว	15	30	กลาง
น้ำมะขามเปียก + น้ำปูนขาว	15	30	กลาง
น้ำมะกรูด + น้ำปูนขาว	15	30	กลาง
น้ำมะนาว + น้ำขี้เถ้า	15	30	กลาง
น้ำมะขามเปียก + น้ำขี้เถ้า	15	30	กลาง
น้ำมะกรูด + น้ำขี้เถ้า	15	30	กลาง
น้ำมะนาว + น้ำปูนแดง	15	30	กลาง
น้ำมะขามเปียก + น้ำปูนแดง	15	30	กลาง
น้ำมะกรูด + น้ำปูนแดง	15	30	กลาง

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองที่ได้จริง

อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองบนกระดานดำ

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

2.1 ตรวจสภาพความเป็นกรด – เบส ของน้ำของน้ำตัวอย่างที่จะนำมาทำการทดลองทั้งหมดและแยกกรด – เบส น้ำตัวอย่างที่เป็นกรด ได้แก่ น้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำมะกรูด ส่วนน้ำตัวอย่างที่เป็นเบส ได้แก่ น้ำปูนขาว น้ำขี้เถ้า น้ำปูนแดง

2.2 การเลือกใช้น้ำตัวอย่างที่เป็น กรดหรือเบส เป็นสารตั้งต้น เมื่อดูจากผลการทดลองจะเห็นว่า ถ้าใช้กรดเป็นสารตั้งต้นในปริมาณที่เท่ากัน จะต้องใช้น้ำตัวอย่างที่เป็นเบสมาปรับสภาพมากกว่า จะทำให้น้ำตัวอย่างทั้งสองชนิดมีสถานภาพเป็นกลาง

สรุปจากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าน้ำตัวอย่างที่เป็นกรดจะมีความเข้มข้นมากกว่าน้ำตัวอย่างที่เป็นเบส จึงทำให้ต้องใช้น้ำตัวอย่างที่เป็นเบสมากว่ามาทำให้เป็นกลาง

แนวคำตอบคำถามท้ายการทดลอง

ข้อที่ 1 เฉลย ง. ไม่ได้ เพราะว่าน้ำที่ใสอาจจะมีสารเคมีเจือปนจะมองด้วยตาไม่เห็น

ข้อที่ 2 เฉลย ก. ทางเคมี

ข้อที่ 3 เฉลย ก. ขั้นแรกบำบัดทางเคมี – ขั้นที่ 2 บำบัดทางกายภาพ

ข้อที่ 4 เฉลย ค. น้ำส้มสายชู

ข้อที่ 5 เฉลย ก. มีปริมาณสารเคมีผสมอยู่ในน้ำเสียมากขึ้น

ข้อที่ 6 เฉลย ง. บอกไม่ได้จนกว่าจะมีการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อน

ข้อที่ 7 เฉลย ง. ดูดของเหลวให้มีปริมาณใกล้เคียงกับที่ต้องการเวลาหยดบีบจุกยาง ให้ของเหลวหยดทีละหยดในปริมาณที่เท่าๆ กัน – ล้างให้สะอาดแล้วสะบัดให้แห้ง

ข้อที่ 8 เฉลย ข. น้ำปูนใส

ข้อที่ 9 เฉลย ง. ใช้กระดาษลิตมัส

ข้อที่ 10 เฉลย ค. เขียนตาราง

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 5
การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในกระบวนการปลูกพืช

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายวิธีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้ประโยชน์
2. อธิบายถึงคุณค่าและประโยชน์ของแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำเสีย
3. สามารถเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืชจากน้ำต่างชนิดกัน

ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในกระบวนการปลูกพืช ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 5 การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในกระบวนการปลูกพืช

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ใช้ในกระบวนการปลูกพืช เพื่อดูการเจริญเติบโต

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้วสามารถ

1. อธิบายวิธีการนำน้ำเสียที่บำบัดแล้วมาใช้ในกระบวนการปลูกพืชได้
2. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตจากการปลูกพืชจากน้ำชนิดต่างๆ ได้
3. บอกได้ว่าในน้ำมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

เวลาที่ใช้ อภิปรายก่อนการทดลอง 20 นาที
ทำการทดลอง 30 นาที
อภิปรายผลหลังการทดลอง 20 นาที
รวม 70 นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
น้ำเสียชุมชนที่บำบัดแล้วแบบใช้ออกซิเจน	250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำเสียชุมชนที่บำบัดแล้วแบบไม่ใช้ออกซิเจน	250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมูลสัตว์ที่บำบัดแล้วแบบใช้ออกซิเจน	250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมูลสัตว์ที่บำบัดแล้วแบบไม่ใช้ออกซิเจน	250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำประปา	5000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
อุปกรณ์	
ตู้ปลาขนาดเล็ก หรือขวดน้ำขนาด 5000 ลูกบาศก์เซนติเมตร	2 ตู้
โฟม ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร	
หนา 1.27 เซนติเมตร	2 แผ่น
ผักบุ้งจีน	20 ต้น
สำลี	1 ห่อ
มีดหลาวดินสอ	1 อัน
ปั๊มลม(ชนิดที่ใช้ในตู้ปลา)	1 เครื่อง
หินฟองอากาศพร้อมสายแยก	2 หัว

การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมน้ำตัวอย่างต่างๆ ดังนี้

1. นำน้ำเสียที่บำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยา จากบทปฏิบัติการที่ 2 ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำมูลสัตว์ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปริมาตรอย่างละ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. น้ำประปาควรเปิดใส่ภาชนะปากกว้างก่อน 1 วัน เพื่อให้ปราศจากกลิ่นคลอรีน

3. ผักบุ้งจีนทำการเพาะในดินล่วงหน้า 8 วัน

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ต้นไม้ที่นำมาใช้ในการทดลองควรเป็นต้นไม้ประเภทไม้ล้มลุก ที่มีอายุการเวริญเติบโตสั้น เช่น ผักบุ้งจีน ผักกาด ผักคะน้า ฯลฯ

2. การวัดความสูงของต้นผักบุ้งจีนให้วัดจากฐานโฟมถึงยอดผักบุ้งทุกครั้งและทุกต้นจนครบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมาเขียนกราฟ

3. เวลาที่ใช้ในการวัดก็สำคัญควรจะเป็นเวลาเดียวกันในการวัดแต่ละครั้ง

4. การใช้ปั๊มลมต้องใช้ทั้งในน้ำประปาและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วและเปิดเครื่องเติมออกซิเจนตลอดการทดลอง

5. สถานที่ต้องไม่มีฝนสาด มีแดดส่องถึงมีลมโกรกพอสมควร

ติดหมายเลขบนแผ่นโฟมหน้าต้นผักบุ้งจีนแต่ละต้นจนครบทุกต้น

6. ภาชนะที่ใช้ปลูก อาจเป็นภาชนะใดๆ ก็ได้ ถ้าเป็นภาชนะเปิด เช่นกะละมัง อ่างพลาสติกหรือตู้ปลา ควรมีความจุไม่น้อยกว่า 3000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อจะได้มีแร่ธาตุและการไหลเวียนของน้ำได้พอสมควร

7. การพันสำลีพันไปที่โคนต้น ให้ได้ขนาดกับรูโฟมที่เจาะไว้ ไม่ควรพันให้แน่นเกินไปและรากจุ่มอยู่ในน้ำตลอดเวลา

8. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน

9. บันทึกผลการทดลอง

10. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง (น้ำที่บำบัดแล้วจากบทปฏิบัติการที่ 2)

ครั้งที่ / ผักบุ้งต้นที่	ความสูง (เซ็นติเมตร)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	2.50	4.50	10.60	16.20	19.50	10.60
2	2.20	3.80	9.80	14.60	18.30	9.74
3	2.10	3.60	9.30	13.50	15.30	8.76
4	2.00	3.20	7.40	11.40	15.80	7.96
5	2.10	3.40	7.20	10.80	13.70	7.44
6	2.10	3.00	7.10	10.50	13.90	7.32
7	2.10	3.60	9.20	12.50	18.70	9.22
8	2.00	2.90	6.00	10.50	14.50	7.18
9	1.90	2.50	6.10	10.00	15.00	7.10
10	2.20	3.40	7.30	11.10	17.00	8.20

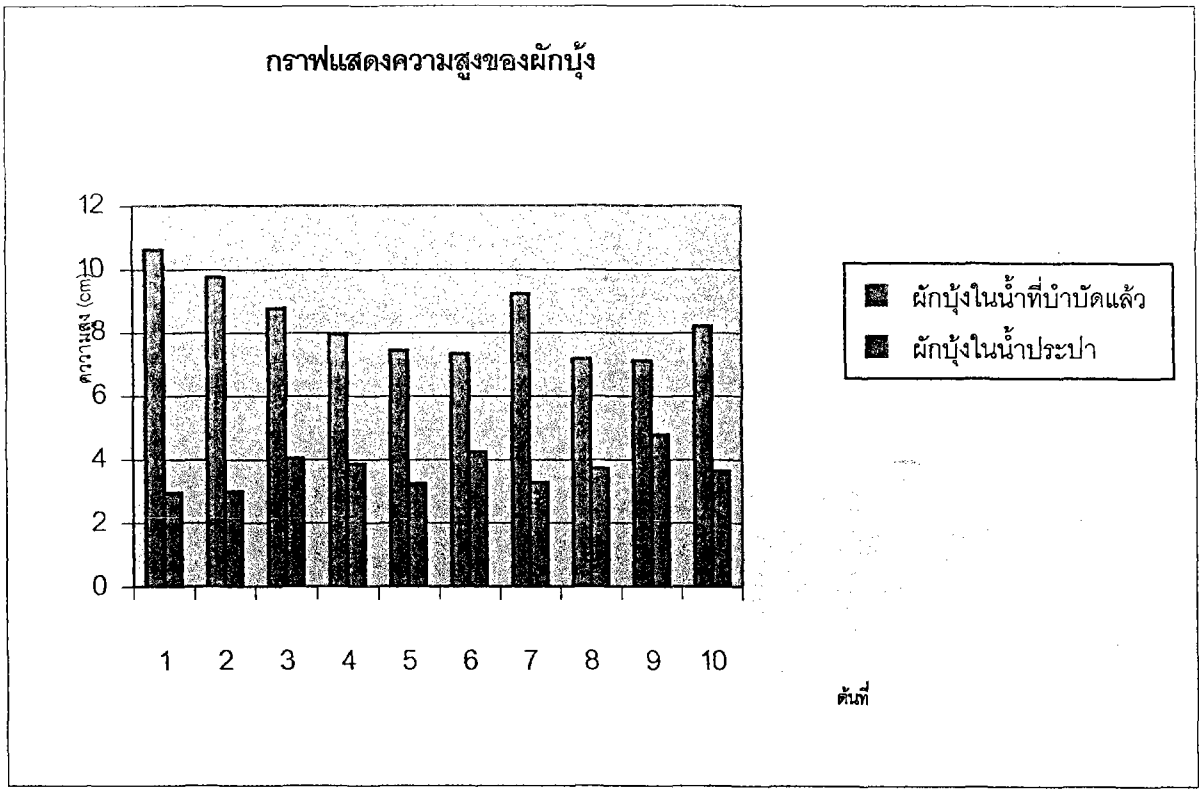
ผลการทดลอง (น้ำที่สะอาดหรือน้ำประปาที่ปราศจากกลิ่นคลอรีน)

ครั้งที่ / ผักบุ้งต้นที่	ความสูง (เซ็นติเมตร)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	2.00	2.20	2.60	4.00	4.00	2.96
2	1.90	2.00	2.90	4.00	4.20	3.00
3	2.00	2.30	4.30	5.20	6.40	4.04
4	2.00	2.50	4.00	5.00	5.80	3.86
5	1.80	2.10	3.10	4.40	4.80	3.24

ต่อ

ครั้งที่ / ผักบุ้งต้นที่	ความสูง(เซนติเมตร)					ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่4	ครั้งที่ 5	
6	2.00	2.30	5.00	5.80	6.20	4.26
7	1.90	2.20	3.60	4.10	4.60	3.28
8	2.10	2.30	3.80	5.00	5.40	3.72
9	2.10	2.70	5.20	6.40	7.50	4.78
10	1.80	2.20	3.80	4.80	5.60	3.64

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองที่ทดลองได้จริง



ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสูงของต้นผักบุ้งจีน

อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองบนกระดานดำ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

2.1 การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจนมาใช้ในการปลูกผักบุ้งจีนทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว(เป็นน้ำชุด1)

2.2 การนำน้ำประปาที่ปราศจากกลิ่นคลอรีนมาใช้ในการปลูกผักบุ้งจีน ทำให้ต้นผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตได้ช้า (เป็นน้ำชุด 2)

2.3 น้ำชุด1 กับน้ำชุด 2 มีความแตกต่างกัน ดังนี้

น้ำชุด 1 ซึ่งเป็นน้ำเสียชุมชนและน้ำมูลสัตว์ มีธาตุอาหารสำหรับผักบุ้งจีนที่จะนำไปสร้างการเจริญเติบโต ได้มากกว่าน้ำชุด 2

ส่วนน้ำชุด 2 ซึ่งเป็นน้ำประปา เพราะมีแร่ธาตุอาหารน้อยหรืออาจจะไม่มีเลยก็ได้ จึงทำให้ต้นผักบุ้งจีนเจริญเติบโตได้ช้าและหยุดการเจริญเติบโตเมื่อธาตุอาหารที่จำเป็นถูกใช้หมดไป

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งจีนจำเป็นต้องอาศัยธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช ซึ่งสังเกตจากกราฟที่เขียนเปรียบเทียบระหว่างน้ำประปาและน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

แนวคำตอบคำถามท้ายการทดลอง

ข้อที่ 1 เฉลย ข. ให้ผลผลิตสูง
ข้อที่ 2 เฉลย ค. น้ำเสียมีแร่ธาตุไนโตรเจนที่ทำให้พืชเจริญ
ข้อที่ 3 เฉลย ค. สรุปผลยังไม่ได้
ข้อที่ 4 เฉลย ค. มีที่ดินและแรงงานน้อยผลผลิตสูง
ข้อที่ 5 เฉลย ข. รากของพืชดูดออกซิเจนไปใช้
ข้อที่ 6 เฉลย ข. เขียนกราฟ
ข้อที่ 7 เฉลย ง. ไม้บรรทัด
ข้อที่ 8 เฉลย ค. ชนิดของพืชและปริมาณน้ำตัวอย่าง
ข้อที่ 9 เฉลย ง. เป็นพืชที่ไม่มีรากแก้ว
ข้อที่ 10 เฉลย ง. ความของลำต้นสูง

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 6
การสร้างถังดักไขมัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถอธิบายผลที่เกิดจากการมีคราบไขมันลอยอยู่เหนือน้ำ
2. สามารถอธิบายการแยกไขมันออกจากน้ำทิ้ง
3. สามารถออกแบบถังดักไขมันรูปแบบต่างๆ ได้

ให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การสร้างถังดักไขมัน ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 6 การสร้างถังดักไขมัน

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ สร้างถังดักไขมันจากวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้วสามารถ

1. บอกลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากคราบไขมันที่ลอยอยู่เหนือน้ำได้
2. บอกวิธีการแยกไขมันออกจากน้ำทิ้งได้
3. สามารถสร้างถังดักไขมันรูปแบบต่างๆ ได้

เวลาที่ใช้

อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
ทำการทดลอง	30 นาที
อภิปรายผลหลังการทดลอง	20 นาที
รวม	70 นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
น้ำมันพืช	10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
แกลลอนน้ำมัน	2 แกลลอน
ท่อพลาสติกตรง	30 เซนติเมตร
ท่อพลาสติกสามทาง	2 ตัว
ใบเลื่อยเหล็ก	1 ใบ
ดินน้ำมันหรือดินเหนียว	2 ก้อน

การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

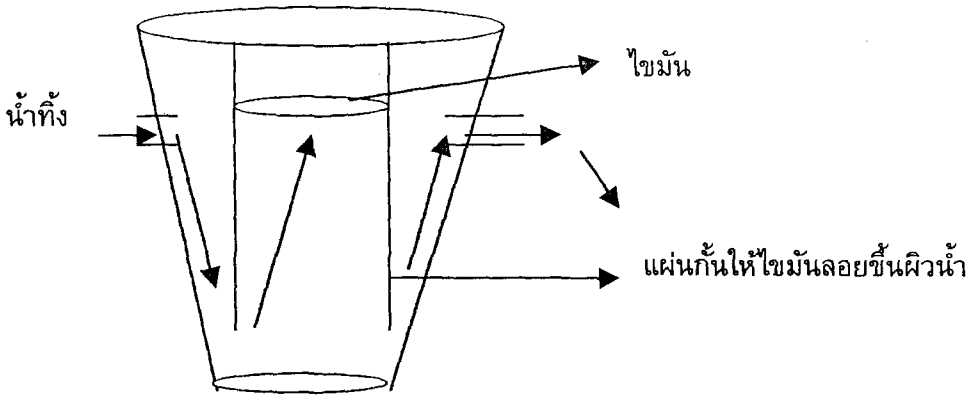
1. แกลลอนน้ำมันขนาด 5000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ล้างให้สะอาด หรือให้นักเรียนนำมาจากบ้าน
2. ข้อต่อท่อน้ำประปา ข้องอ 90 องศา ข้อต่อ 3 ทางและท่อต่อตรง

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. อธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น การใช้ใบมีดคัตเตอร์ การใช้ใบเลื่อย
2. นำถังดักไขมันแบบต่างๆ มาให้นักเรียนศึกษา
3. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
4. ออกแบบถังดักไขมันตามความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่ม
5. บันทึกผลการทดลองจากแบบถังดักไขมัน
6. สรุปผลการทดลองเป็นการอธิบายผลการทดลอง

ผลการทดลอง (ตัวอย่างออกแบบถังดักไขมัน)



ภาพประกอบ 25 ถังดักไขมัน

อภิปรายผลหลังการทดลอง

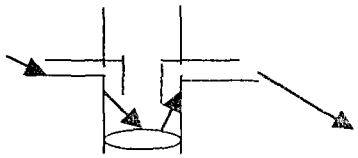
1. ให้นักเรียนนำเสนอรูปแบบถังดักไขมันหน้าชั้นเรียน
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

ถังดักไขมันที่แต่ละกลุ่มออกแบบในการสร้างโดยใช้วัสดุเหลือใช้ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นจะมีแบบที่แตกต่างกันไป สามารถที่จะกำจัดไขมันที่มากับน้ำทิ้งได้มากน้อยต่างกัน

ถ้าจะให้กำจัดไขมันในน้ำทิ้งให้ได้ผลมากที่สุด จะต้องค่อยๆ ปล่อยน้ำทิ้งอย่างช้าๆ เพื่อที่จะให้ไขมันลอยขึ้นมาอยู่เหนือน้ำได้เร็ว แต่ถ้าเราปล่อยน้ำทิ้งเร็วจะทำให้ไขมันหลุดลอดออกไปกับน้ำได้ทำให้การกำจัดไม่ได้ผลเท่าที่ควร

<u>แนวคำตอบคำถามท้ายการทดลอง</u>

ข้อที่ 1 เฉลย ง. ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของสัตว์น้ำ
ข้อที่ 2 เฉลย ก. การทำให้ลอย
ข้อที่ 3 เฉลย ค. ต้องมีขนาดเพียงพอกับปริมาณไขมัน
ข้อที่ 4 เฉลย ก. กวาดหรือช้อน
ข้อที่ 5 เฉลย ง. น้ำทิ้งมีคราบไขมันที่ลอยเหนือผิวน้ำทำให้แสงส่องผ่านไม่ได้
ข้อที่ 6 เฉลย ง. คราบไขมัน
ข้อที่ 7 เฉลย ก. ชั่ง
ข้อที่ 8 เฉลย ค.



ข้อที่ 9 เฉลย ก. ถังดักไขมัน
ข้อที่ 10 เฉลย ข. เป็นแผ่น

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการที่ 7
การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. การตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยวิธีเบื้องต้นและในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้น้ำเสีย
2. หลักการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ และใช้ร่วมกันในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ให้ความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ตามรายละเอียดในใบความรู้ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

บทปฏิบัติการที่ 7 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการบำบัดด้วยวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้วสามารถ

1. บอกวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ได้
2. สามารถนำวิธีการบำบัดแบบต่างๆ มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้

เวลาที่ใช้	อภิปรายก่อนการทดลอง	20 นาที
	ทำการทดลอง	30 นาที
	อภิปรายผลหลังการทดลอง	20 นาที
	รวม	70 นาที

สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
สารเคมี	
น้ำปูนขาว	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
สารส้มบดละเอียด	5 กรัม
น้ำประปา	2000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ดินเหนียวบดละเอียด	10 กรัม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 เปอร์เซนต์	1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
อาซิติก แอซิกเข้มข้น	1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำสบู่	1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำมันพืช	1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
อุปกรณ์	
ขวดโหลพลาสติกใสขนาด 3 ลิตร	2 ใบ
ตะแกรงละเอียด	1 อัน
กระดาษยูนิเวอร์แซล อินดิเคเตอร์	10 ชิ้น
แท่งแก้ว	1 แท่ง
ผ้าขาวบาง	1 ผืน
กระชอน	1 อัน
กระดาษกรอง	3 แผ่น
ถังตกตะกอน	1 ใบ
กระ ดาษลิตมัสสีน้ำเงิน และสีแดง	4 แผ่น

การเตรียมล่วงหน้า

ครูเตรียมน้ำเสียซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. สารละลายหมายเลข 1 ประกอบด้วย น้ำ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร + โซเดียมไฮ-ดรอกไซด์ 50 เปอร์เซนต์ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร + ดินเหนียวบดละเอียด 10 กรัม

2. สารละลายหมายเลข 2 ประกอบด้วย น้ำ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร + อาซิติก แอซิก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร + ดินเหนียวบดละเอียด 10 กรัม + น้ำมันพืช 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. น้ำปูนขาว ประกอยด้วย ปูนขาว ครึ่งถ้วยแกง ผสมน้ำสะอาด 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. ดินเหนียว นำมาตากแดดให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด

5. สารส้มนำมาบดให้ละเอียด

6. น้ำสบู่ นำสบู่เหลว 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาละลายน้ำ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

อภิปรายก่อนการทดลอง

ครูแนะนำนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

1. ห้ามนักเรียนชิมสารละลายทุกชนิดและสาธิตวิธีดมให้ใช้มือพัดกลิ่นมาดมห้ามใช้จมูกโดยตรง

2. อธิบายการใช้อุปกรณ์ในการทดลองแล้วให้นักเรียนเลือกใช้เอง เช่น การใช้ผ้าขาวบาง การใช้กระดาษกรอง การใช้กระดาษยูนิเวอร์แซล อินดิเคเตอร์ การใช้หลอดหยด

3. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน

4. ติดป้ายชื่อสารละลายทุกชนิดที่นำมาทำการทดลอง
5. ออกแบบการทดลองโดยใช้ความรู้จากบทปฏิบัติการที่ 1 – 6 มาช่วยในการทดลอง
6. บันทึกผลการทดลอง
7. สรุปผลการทดลองเป็นการอธิบายผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้บันทึกไว้

ผลการทดลอง (ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง)

ตัวอย่างน้ำ	กรด	เบส	ค่าpH	น้ำมัน	ตกตะกอน	ไม่ตกตะกอน	การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
สารละลายหมายเลข 1		✓	12	ไม่มี		✓	ใช้สารส้มแกว่งเพื่อปรับสภาพน้ำให้ตกตะกอน
สารละลายหมายเลข 2	✓		4	มี	✓		ใช้น้ำปูนขาวเติมลงไปเพื่อปรับสภาพให้เป็นกลาง

หมายเหตุ ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองที่ทดลองได้จริง

อภิปรายผลหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองจากการออกแบบบนกระดานดำ
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

2.1 สารละลายหมายเลข 1 เมื่อตรวจสอบดูด้วยสายตาจะเห็นสารละลายมีสีเหลืองอ่อนและสารแขวนลอยเล็กๆ จำนวนมากที่ไม่ยอมตกตะกอน แล้วจึงตรวจสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ ปรากฏว่ากระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ค่า pH 12 แสดงว่าเป็น "เบส" ต่อจากนั้นสังเกตสารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำนั้นว่าจะใช้วิธีใดในการบำบัด

ขั้นที่ 1 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อปรับสภาพ เบส ให้เป็น กลาง โดยใช้สารเคมีที่ครูเตรียมไว้ให้ แต่ในการทดลองนี้เลือกใช้ สารส้ม ก่อนที่จะนำสารส้มมาใช้จะต้องตรวจด้วยกระดาษพีเอชเสียก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าสารส้มมีสภาพเป็นกรด ในขณะที่ใช้สารส้มบดละเอียดเติมลงในสารละลายควรเติมลงไปทีละน้อยแล้วคนให้เข้ากันเพื่อให้น้ำมีสภาพเป็นกลางและตกตะกอนควรจะใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ วัดเป็นระยะๆ ตามไปด้วย

ขั้นที่ 2 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ โดยการใช้ตะแกรงละเอียดรองด้วยผ้าขาวบาง ทำการกรองสารละลายหมายเลข 1 เพื่อกรองเอาตะกอนออกจากสารละลาย เมื่อกรองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ยังมีตะกอนขนาดเล็กอยู่มากในสารละลาย บ้างก็ใช้วิธีการกรองด้วยกระดาษกรองหรือตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตะกอนเล็กๆ ตกลงไปรวมตัวที่ก้นภาชนะ

2.2 สารละลายหมายเลข 2 เมื่อตรวจสอบดูด้วยสายตาจะเห็นสารละลายมีสีใส มีคราบน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำและมีตะกอนตกอยู่ที่ก้นโหล แล้วจึงตรวจสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัล

อินดิเคเตอร์ ปรากฏว่ากระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีส้มอมแดง ค่า pH 4 แสดงว่าเป็น "กรด" ต่อจากนั้นสังเกตสารแขวนลอยที่อยู่ในสารละลายนั้นว่าจะใช้วิธีใดในการบำบัด

ขั้นที่ 1 ทาการบำบัดโดยการช้อนคราบไขมันที่อยู่เหนือผิวน้ำออกเสียก่อน

ขั้นที่ 2 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อปรับสภาพกรดให้เป็นกลาง โดยใช้สารเคมีที่ครูเตรียมไว้ให้ แต่ในการทดลองนี้เลือกใช้น้ำปูนขาวเพราะจากการตรวจสภาพแล้วน้ำปูนขาวเป็นเบสจึงรินเอาแต่น้ำใสๆมาปรับสภาพสารละลายหมายเลข 2 ในขณะที่ใช้น้ำปูนขาวปรับสภาพควรเทลงไปทีละน้อยและตรวจสอบด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ตามไปด้วยจนกว่าน้ำจะมีสภาพเป็นกลาง

ขั้นที่ 3 ทำการบำบัดด้วยวิธีการทางกายภาพ โดยการใช้ตะแกรงละเอียดรองด้วยผ้าขาวบางทำการกรองสารละลายหมายเลข 2 เพื่อกรองเอาสารแขวนลอยออกจากสารละลาย เมื่อกรองเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อสังเกตดูยังมีตะกอนขนาดเล็กมากปะปนอยู่ในสารละลาย บ้างก็ใช้การกรองด้วยกระดาษกรองหรือตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนเล็กๆ ตกลงที่ก้นภาชนะ

<u>แนวคำตอบคำถามท้ายการทดลอง</u>

ข้อที่ 1 เฉลย ง. สารปนเปื้อน
ข้อที่ 2 เฉลย ง. การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
ข้อที่ 3 เฉลย ง. ก่อนนำไปใช้และก่อนนำไปทิ้ง
ข้อที่ 4 เฉลย ค. เพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ข้อที่ 5 เฉลย ก. เป็นกระบวนการที่จะทำให้น้ำที่ถูกปนเปื้อนมีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับการใช้สอย
ข้อที่ 6 เฉลย ง. น้ำใสและมีตะกอนก้นถัง
ข้อที่ 7 เฉลย ก. มีความจำเป็นเพื่อป้องกันการสับสน
ข้อที่ 8 เฉลย ก. สังเกตสิ่งปนเปื้อน ตรวจสอบความเป็นกรด-เบส
ข้อที่ 9 เฉลย ง. ค่าที่บอกความเป็น กรด – เบส - กลาง
ข้อที่10 เฉลย ข. กราฟ

ภาคผนวก ง

แบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียน
แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนด้านพุทธิพิสัย
ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้
บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 25 ข้อ เวลา 30 นาที

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น ห้อง ลงในกระดาษคำตอบ
2. ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่อง ☐ ของคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ข้อละคำตอบเดียว โดยเขียนลงในกระดาษที่แจกให้ต่างหาก
3. ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 25 ข้อ ใช้เวลาทำ 30 นาที
4. ห้ามนักเรียนขีดเขียนลงในแบบทดสอบ

1. เมื่อจุ่มกระดาษลิตมัส ลงในน้ำเสียชุมชน ปรากฏว่ากระดาษลิตมัส เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง นักเรียนจะ สรุปผลการทดลองเกี่ยวกับน้ำเสียจากชุมชนว่าอย่างไร
   ก. มีสมบัติเป็นเบส
   ข. มีสมบัติเป็นกรด
   ค. มีสมบัติเป็นกลาง
   ง. มีสมบัติเป็นทั้งกรดและเบส

2. คุณภาพของน้ำขึ้นอยู่กับข้อใด
   ก. ปริมาณหินและทรายในน้ำ
   ข. ปริมาณสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำ
   ค. ปริมาณพืชน้ำที่อยู่ในบริเวณนั้น
   ง. ปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

3. ข้อความใดเป็นความหมายของน้ำเสีย
   ก. น้ำที่มีจุลินทรีย์ชนิดต้องการก๊าซออกซิเจนผสมอยู่
   ข. น้ำที่มีจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการก๊าซออกซิเจนผสมอยู่
   ค. น้ำที่มีก๊าซออกซิเจนอยู่น้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร
   ง. น้ำที่มีก๊าซออกซิเจนอยู่มากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. ระบบการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาแบบใดที่ไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน
   ก. ระบบบ่อตาก
   ข. ระบบจานชีวะ
   ค. ระบบจานหมุน
   ง. ระบบถังกรองไร้อากาศ

5. ข้อดีของการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน
   ก. ประหยัดการเติมก๊าซออกซิเจน
   ข. เพิ่มปริมาณการตกตะกอนให้มากขึ้น
   ค. แบคทีเรียมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ
   ง. ปริมาณสารอินทรีย์ย่อยสลายได้ร้อยละ 80 – 90

6. น้ำทิ้งที่ได้จากการร่อนแร่ทองคำ ถ้านักเรียนจะบำบัดควรใช้วิธีเหมือนกับข้อใด
   ก. น้ำผสมข้าวสุก
   ข. น้ำผสมเศษกระดาษ
   ค. น้ำที่มีสารแขวนลอย
   ง. น้ำผสมดินบดละเอียด

7. ข้อใดเป็นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา
   ก. การกำจัดสารอินทรีย์
   ข. การกำจัดสารอนินทรีย์
   ค. การกำจัดสารแขวนลอย
   ง. การกำจัดน้ำมันและไขมัน

8. ในการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ โดยทั่วไปนิยมใช้ตะแกรงหยาบมากกว่าตะแกรงละเอียด เพราะเหตุใด
   ก. น้ำไหลผ่านได้รวดเร็ว
   ข. สิ่งมีชีวิตในน้ำไหลผ่านได้
   ค. เป็นขั้นตอนบำบัดขั้นแรก
   ง. ไม่ทำให้เศษวัสดุอุดตันง่าย

9. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน มีข้อดี คือ
   ก. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย
   ข. ใช้เวลาในการบำบัดน้อย
   ค. จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริมจำนวนมาก
   ง. สารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ ร้อยละ 80 – 90

10. ถ้านักเรียนต้องการบำบัดน้ำทิ้งจากบ้านของนักเรียนเองควรเลือกใช้วิธีใดจึงจะสะดวกและประหยัด
    ก. สร้างระบบบำบัดแบบจานหมุน
    ข. ใช้ตะแกรงดักเศษอาหารและขยะ
    ค. ขังน้ำให้ตกตะกอนก่อนปล่อยทิ้งจากบ้านเรือน
    ง. ไม่จำเป็นต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยน้ำทิ้งออกจากบ้าน

11. เพราะเหตุใดน้ำจากแหล่งที่ต่างกันจึงมีความขุ่น – ความใส หรือมีสีไม่เหมือนกัน
    ก. เพราะล้วนเป็นแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น
    ข. เพราะน้ำจากผิวดินต่างจากแหล่งน้ำใต้ดิน
    ค. เพราะน้ำจากแหล่งต่าง ๆ มีอุณหภูมิต่างกัน
    ง. เพราะน้ำจากแหล่งต่างกันมีสิ่งเจือปนต่างกัน

12. น้ำเสียที่เกิดขึ้นตามแหล่งน้ำเกือบทั่วประเทศมักเกิดจากสาเหตุในข้อใดมากที่สุด
    ก. มีร้านอาหารริมแม่น้ำมากขึ้น
    ข. มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น
    ค. มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น
    ง. ประชากรส่วนใหญ่ขาดความรับผิดชอบ

13. พืชที่นิยมนำมาปลูกในน้ำเสียที่ทำการบำบัดแล้ว ควรเป็นพืชประเภทใด
    ก. พืชน้ำ
    ข. พืชยืนต้น
    ค. พืชล้มลุก
    ง. พืชที่มีรากลอยในอากาศ

14. น้ำเสียในโรงงานแบตเตอรี่เมื่อตรวจสอบพบค่า pH เท่ากับ 4 ถ้านักเรียนต้องเติมสารเพื่อแก้ไขจะต้องเติมสารใด
    ก. ปูนขาว
    ข. สารละลายกรด
    ค. โซดาไฟกับกรดเกลือ
    ง. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

15. สารในข้อใดต่อไปนี้ที่ผสมกันแล้วจะมีค่า pH เท่ากับ 7
    ก. น้ำขี้เถ้า + น้ำปูนแดง
    ข. น้ำมะกรูด + น้ำปูนขาว
    ค. น้ำมะพร้าว + น้ำส้มสายชู
    ง. น้ำมะขามเปียก + น้ำกลั่น

16. คราบน้ำมันที่เกิดจากเรือน้ำมันรั่ว มีผลทำให้น้ำเสียได้อย่างไร
    ก. น้ำมีเชื้อเพลิงติดไฟง่าย
    ข. สิ่งมีชีวิตในน้ำไม่อาจดำรงชีวิต
    ค. ออกซิเจนไม่สามารถละลายลงน้ำได้
    ง. ถูกหมดทุกข้อ

17. การกำจัดน้ำมันและไขมันตามร้านอาหารและภัตตาคารใหญ่ นิยมใช้วิธีใด
    ก. การทำให้ลอย
    ข. การเป่าอากาศ
    ค. การเติมคลอรีน
    ง. การเพิ่มอุณหภูมิ

18. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของการปลูกพืชในน้ำ
    ก. ให้ผลผลิตสูง
    ข. อาศัยความชำนาญ
    ค. ประหยัดพื้นที่ในการเพาะปลูก
    ง. พืชแข็งแรงสมบูรณ์ไม่มีโรคและแมลงรบกวน

19. น้ำทิ้งที่มีอุณหภูมิสูง มีผลต่อข้อใดมากที่สุด
    ก. น้ำระเหยเป็นไอเข้าสู่อากาศเร็วขึ้น
    ข. เกิดก๊าซมีเทนและก๊าซไข่เน่าในน้ำ
    ค. ก๊าซออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยลง
    ง. ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในน้ำได้มากขึ้น

20. การทำให้ไขมันหรือน้ำมันลอย ควรใช้วิธีใด
    ก. นำน้ำผสมกับไขมัน
    ข. นำน้ำสบู่ผสมกับไขมัน
    ค. นำวิธีการกวาดกวนให้เข้ากัน
    ง. ใช้ความร้อนค่อยๆ เผาไขมัน

21. จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียชุมชนด้วยกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ พบว่ามีค่าpH อยู่ที่ระดับ 7 นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่าน้ำมีสภาพทางเคมีเป็นอย่างไร
    ก. เบส
    ข. กรด
    ค. กลาง
    ง. กรด-เบส

22. ในการทดลองนักเรียนต้องการทราบค่าpH ของน้ำเสีย จะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดใดในการตรวจ
    ก. กระดาษยูวี
    ข. กระดาษขมิ้น
    ค. กระดาษกรอง
    ง. กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์

23. การใช้ปั๊มลมใส่ลงในตู้ปลาที่ปลูกผักบุ้งจีนเพื่อจุดประสงค์ข้อใด
    ก. ระบายอากาศ
    ข. ให้ก๊าซออกซิเจนมีปริมาณมากๆ
    ค. ให้ก๊าซออกซิเจนรวมกับแร่ธาตุอาหารในน้ำ
    ง. ให้มีการไหลเวียนของก๊าซออกซิเจนระหว่างน้ำกับอากาศ

24. เพราะเหตุใดน้ำทิ้งที่ปล่อยมาจากโรงงานฆ่าสัตว์นำไปใช้ปลูกผักจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าน้ำประปา
    ก. เพราะมีธาตุเหล็ก
    ข. เพราะมีธาตุไนโตรเจน
    ค. เพราะมีธาตุออกซิเจน
    ง. เพราะมีธาตุคาร์บอนไดออกไซด์

จากตารางข้อมูล จงตอบคำถามข้อ 25

แหล่งน้ำ	ค่า pH	ลักษณะ
1	4	ขุ่น มีกลิ่น สีดำ
2	10	ใส
3	6.5	ใสมีเศษกระดาษ

25. แหล่งน้ำในข้อใดสามารถนำมาปลูกพืชในน้ำได้เมื่อผ่านการบำบัดด้วยวิธีการทางชีววิทยาและทางเคมี แล้ว

ก 1,2

ข. 2.3

ค. 3,1

ง. ทุกแหล่งน้ำ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
บทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 25 ข้อ เวลา 30 นาที

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น ห้อง ลงในกระดาษคำตอบ
2. ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย X ลงในช่อง ☐ ของคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ข้อละคำตอบเดียว โดยเขียนลงในกระดาษที่แจกให้ต่างหาก
3. ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 25 ข้อ ใช้เวลาทำ 30 นาที
4. ห้ามนักเรียนขีดเขียนลงในแบบทดสอบ

1. จากการสังเกตน้ำกลั่น น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำคลอง น้ำเสียจากชุมชน น้ำมูลสัตว์ น้ำส้มสายชู น้ำยาล้างห้องน้ำ มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันในข้อใด
   ก. สี กลิ่น ตะกอน
   ข. สี ตะกอน ค่าpH
   ค. สี ค่าpH ความขุ่น
   ง. สี ตะกอน อุณหภูมิ

2. การวัดปริมาตรของน้ำเสียจากชุมชน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ควรใช้เครื่องมือชนิดใด
   ก. ปิเปต
   ข. หลอดหยด
   ค. หลอดฉีดยา
   ง. กระบอกแก้วตวง

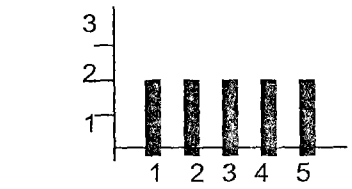
3. น้ำชนิดใดจัดเป็นน้ำที่มีคุณสมบัติเหมือนน้ำเสียจากชุมชน
   ก. น้ำคลอง
   ข. น้ำมูลสัตว์
   ค. น้ำส้มสายชู
   ง. น้ำยาล้างห้องน้ำ

4. การตรวจสอบน้ำตัวอย่างในขวดพลาสติกใส โดยใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ควรปฏิบัติอย่างไร
   ก. หย่อนกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ลงไปในขวด
   ข. ใช้ปากคีบจับกระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์จุ่มลงในขวด
   ค. เอียงขวดแล้วใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์ ไปแตะที่ปากขวด
   ง. ใช้แท่งแก้วจุ่มในน้ำตัวอย่างแล้วนำมาแตะที่กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์

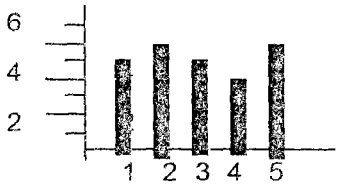
5. การนำเสนอข้อมูลจากตาราง ข้อใดนำเสนอได้ถูกต้อง

ครั้งที่ / ผักบุ้งต้นที่	ความสูง (เซนติเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1	2	5	8	5
2	2	6	10	6
3	2	5	11	6
4	2	4	9	5
5	2	6	13	7

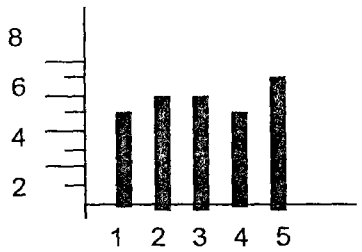
ก.



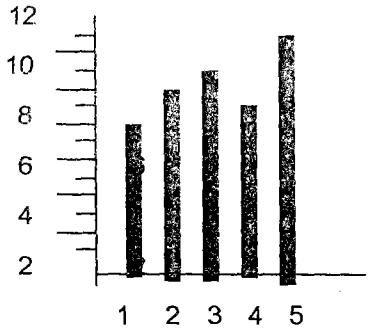
ข.



ค.



ง.



6. ใดเรียงลำดับขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียจากห้องครัวได้ถูกต้อง

1. ตะแกรง
2. ถังเกรอะ
3. ถังกรองไร้อากาศ
4. ถังดักไขมัน

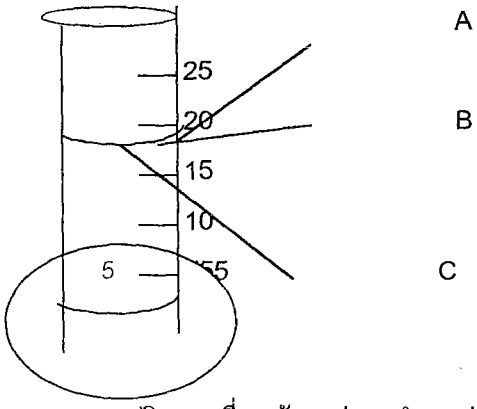
ก. 1,2,3,4

ข. 2,3,4,1

ค. 2,4,1,3

ง. 1,4,2,3

7. การอ่านปริมาตรของน้ำตัวอย่างในกระบอกแก้วตวง ควรปฏิบัติอย่างไร



ก. ให้สายตาอยู่ในระดับตรงกับของเหลว ปริมาตรที่ถูกต้องอยู่ตรงตำแหน่ง C
ข. ให้สายตาอยู่ในระดับตรงกับของเหลว ปริมาตรที่ถูกต้องอยู่ตรงตำแหน่ง B
ค. ให้สายตาอยู่ในระดับเหนือของเหลวเล็กน้อย ปริมาตรที่ถูกต้องอยู่ตรงตำแหน่ง A
ง. ให้สายตาอยู่ในระดับเหนือของเหลวเล็กน้อย ปริมาตรที่ถูกต้องอยู่ตรงตำแหน่ง B

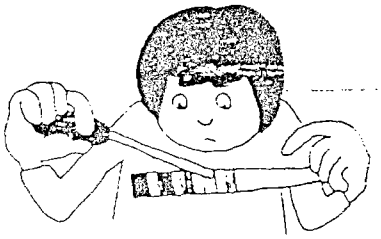
8. ข้อใดจัดเป็นประเภทเดียวกัน
ก. น้ำมูลสัตว์ น้ำส้มสายชู
ข. น้ำเสียจากชุมชน น้ำมูลสัตว์
ค. น้ำส้มสายชู น้ำเสียจากชุมชน
ง. น้ำเสียจากชุมชน น้ำยาล้างห้องน้ำ

9. น้ำเสียจากชุมชนและน้ำมูลสัตว์ ถ้าต้องการทราบ สี กลิ่น ตะกอน ค่าpH อุณหภูมิ ควรใช้รูปแบบใดนำเสนอ
ก. เขียนวงจร
ข. เขียนกราฟ
ค. เขียนเป็นตาราง
ง. บรรยายลักษณะ

10. การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ควรปฏิบัติอย่างไร
ก. เปิด - ปิดจุกขวดวันเว้นวัน
ข. ปิดจุกขวดตลอดการทดลอง
ค. เปิดจุกขวดตลอดการทดลอง
ง. เติมก๊าซออกซิเจนลงไปในขวดตลอดเวลา

11. ข้อใดจัดเป็นประเภทเดียวกัน
    ก. น้ำขี้เถ้า น้ำมะนาว น้ำมะกรูด
    ข. น้ำมะกรูด น้ำมะนาว น้ำมะขาม
    ค. น้ำมะขาม น้ำมะกรูด น้ำปูนแดง
    ง. น้ำปูนแดง น้ำมะนาว น้ำปูนขาว

12. จากภาพเป็นเครื่องมือใช้สำหรับทำอะไร



    ก. วัดค่าpH
    ข. วัดความร้อน
    ค. วัดค่าสารตะกั่ว
    ง. วัดค่าความเข้มข้น

13. การบอกค่าpH เป็นตัวเลขของสารละลายชนิดหนึ่ง ควรใช้วิธีการใด
    ก. ใช้กระดาษขาว
    ข. ใช้กระดาษขมิ้น
    ค. ใช้กระดาษลิตมัส
    ง. ใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัล อินดิเคเตอร์

14. ถ้าจะเสนอข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนหยดของกรด-เบสที่ทำให้มีสภาพเป็นกลาง ควรใช้ตารางในข้อใด

ก.

น้ำตัวอย่าง	จำนวนหยด		สภาพเป็นกลาง
	กรด	เบส	

ข.

สภาพเป็นกลาง	น้ำตัวอย่าง	จำนวนหยด	
		กรด	เบส

ค.

จำนวนหยด		สภาพเป็นกลาง	น้ำตัวอย่าง
กรด	เบส		

ง.

สภาพเป็นกลาง	จำนวนหยด		น้ำตัวอย่าง
	กรด	เบส	

15. นักเรียนต้องการวัดความสูงต้นผักบุ้งจีนที่ปลูกในน้ำเสียที่บำบัดแล้วกับน้ำประปาควรใช้เครื่องมือชนิด ใด

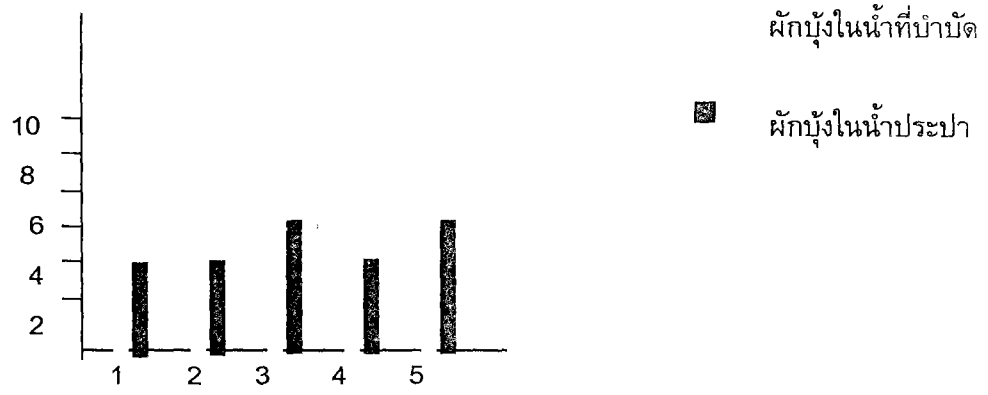
ก. ไม้ที

ข. สายวัด

ค. ไม้เมตร

ง. ไม้บรรทัด

16. จากกราฟข้อใดเป็นการสรุปผลการทดลอง



ก. ปลูกในน้ำประปาเจริญเติบโตได้ดีกว่า

ข. ปลูกในน้ำเสียที่บำบัดแล้วเจริญเติบโตได้ดีกว่า

ค. ปลูกในน้ำเสียที่บำบัดแล้วและน้ำประปาทำให้ต้นแคระแกน

ง. ปลูกในน้ำเสียที่บำบัดแล้วและน้ำประปาเจริญเติบโตได้เท่ากัน

18. ผักบุ้งจีนจัดเป็นพืชพวกเดียวกับ ผักคะน้า ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง อาศัยเกณฑ์ในข้อใด
    ก. พืชน้ำ
    ข. พืชบก
    ค. พืชล้มลุก
    ง. พืชยืนต้น

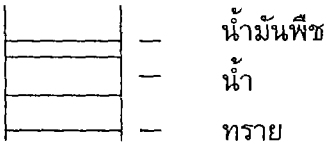
18. เกณฑ์ในข้อใดบอกการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนได้ชัดเจน
    ก. ขนาดลำต้น
    ข. จำนวนก้าน
    ค. ความสูงของต้น
    ง. ความยาวของใบ

19. ในการทดสอบเพื่อให้ทราบว่าน้ำเสียที่บำบัดแล้วและน้ำประปาชนิดใดทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด การทดลองนี้ควรจัดข้อใดให้เหมือนกัน
    ก. ชนิดของน้ำ
    ข. ชนิดของพืช
    ค. ชนิดของพืชและปริมาณน้ำ
    ง. ชนิดของพืชและชนิดของน้ำ

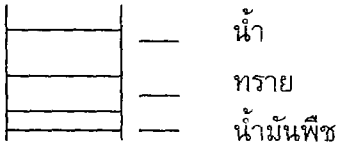
20. สารละลายในข้อใดที่เปลี่ยนแปลงกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน
    ก. น้ำประปา น้ำฝน
    ข. น้ำปูนขาว น้ำขี้เถ้า
    ค. น้ำปูนแดง น้ำมะนาว
    ง. น้ำมะกรูด น้ำมะขามเปียก

21. สารต่อไปนี้มี น้ำมันพืช ทรายและน้ำอยู่ปนกันจะเป็นไปตามข้อใด

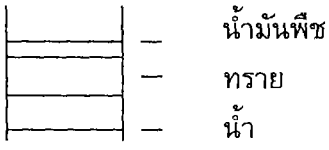
ก.



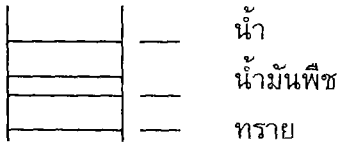
ข.



ค.

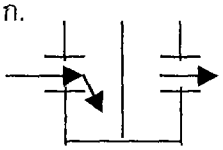


ง.

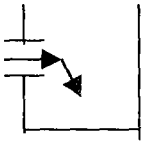


22. ถังดักไขมัน ควรมีรูปแบบตามข้อใด

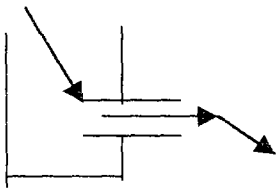
ก.



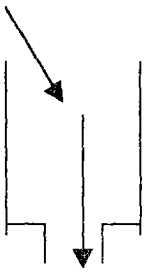
ข.



ค.



ง.



23. อุปกรณ์ชุดหนึ่งประกอบด้วย แกลลอนพลาสติก ข้องอ 90 องศา ข้อต่อสามทาง และน้ำทิ้งจากโรงงานกลั่นน้ำมัน อุปกรณ์ดังกล่าว สามารถใช้สร้างเครื่องมือในข้อใด
   ก. ถังดักขยะ
   ข. ถังดักไขมัน
   ค. ถังดกตะกอน
   ง. ถังดักกรวดทราย

24. การใช้ถังดักไขมัน ควรปฏิบัติอย่างไร
   ก. ในการปล่อยแต่ละครั้งไม่ต้องคำนึงถึงสิ่งใด
   ข. ในการปล่อยต้องมีการเปิดและปิดเป็นเวลา
   ค. ในการปล่อยน้ำทิ้งลงในถังต้องปล่อยอย่างช้าๆ
   ง. ในการปล่อยน้ำทิ้งลงในถังต้องปล่อยอย่างรวดเร็ว

25. เมื่อแกว่งสารส้มลงในน้ำคลอง แล้วตั้งทิ้งไว้สักครู่น้ำคลองจะมีลักษณะอย่างไร
   ก. ใส
   ข. ขุ่น
   ค. มีตะกอน
   ง. เริ่มใสและมีการรวมตัวของตะกอน

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ ค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการ
ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ตาราง 11 ความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	P	r	ข้อที่เลือกไว้
1	12	6	.33	.22	✓
2	10	6	.30	.15	
3	12	8	.37	.14	
4	22	15	.69	.25	✓
5	17	6	.43	.41	✓
6	23	12	.65	.41	✓
7	16	7	.43	.33	✓
8	18	8	.48	.37	✓
9	7	11	.33	-.15	
10	11	4	.28	.26	✓
11	16	7	.43	.33	✓
12	21	10	.57	.41	✓
13	7	2	.17	.19	
14	7	6	.24	.04	
15	22	12	.63	.37	✓
16	26	13	.72	.48	✓
17	20	6	.48	.52	✓
18	9	2	.20	.26	✓
19	14	1	.28	.48	✓
20	14	8	.41	.22	✓
21	26	17	.80	.33	✓
22	18	1	.35	.63	✓
23	7	6	.24	.04	
24	13	7	.39	.22	✓
25	17	12	.54	.19	
26	9	7	.30	.07	
27	9	2	.20	.29	✓

ต่อ

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	P	r	ข้อที่เลือกไว้
28	15	7	.41	.30	✓
29	13	5	.33	.29	✓
30	8	4	.22	.15	✓
31	19	10	.54	.33	✓
32	15	10	.46	.19	
33	14	6	.37	.30	✓
34	14	6	.37	.30	✓
35	9	6	.28	.11	
36	5	3	.19	.08	
37	10	9	.35	.04	
38	16	14	.56	.07	
39	7	5	.22	.07	
40	15	9	.44	.23	✓
		รวมจำนวนข้อที่เลือกได้	25	ข้อ	

ตัดออก จึงเหลือแบบทดสอบทั้งหมด 25 ข้อ แล้วนำไปหาค่าความเชื่อมั่นได้เท่ากับ .71

ตาราง 12 ความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	P	r	ข้อที่เลือกไว้
1	14	10	.44	.15	
2	14	7	.39	.26	✓
3	27	22	.91	.19	
4	15	6	.39	.34	✓
5	21	5	.48	.59	✓
6	17	4	.39	.48	✓
7	16	5	.39	.40	✓
8	16	8	.44	.29	✓
9	4	5	.17	-.04	
10	20	10	.56	.37	✓
11	4	9	.48	-.18	
12	24	14	.70	.37	✓
13	13	4	.31	.33	✓
14	18	8	.48	.37	✓
15	8	2	.19	.23	
16	1	4	.19	-.11	
17	11	11	.41	0	
18	6	5	.20	.03	
19	9	6	.28	.11	
20	22	14	.67	.29	✓
21	4	7	.20	-.11	
22	14	6	.37	.30	✓
23	19	8	.50	.40	✓
24	18	10	.52	.30	✓
25	3	6	.17	-.11	
26	15	4	.35	.41	✓
27	25	12	.69	.49	✓

ต่อ

ข้อที่	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มสูง	จำนวนผู้ที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ	P	r	ข้อที่เลือกไว้
28	13	5	.33	.29	✓
29	19	13	.59	.22	✓
30	6	1	.13	.18	
31	12	4	.30	.29	✓
32	16	8	.44	.29	✓
33	20	14	.63	.22	✓
34	18	7	.46	.37	✓
35	20	11	.57	.33	✓
36	22	8	.56	.51	✓
37	16	10	.48	.22	✓
38	5	6	.20	-.03	
39	7	9	.30	-.07	
40	8	7	.28	.04	

รวมจำนวนข้อที่เลือกได้ 25 ข้อ

ตัดออก จึงเหลือแบบทดสอบทั้งหมด 25 ข้อ แล้วนำไปหาค่าความเชื่อมั่นได้เท่ากับ .65

ตาราง 13 ผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ

คนที่	X (A = 70)	Y (B = 50)
1	55	38
2	55	39
3	56	48
4	56	47
5	58	46
6	60	39
7	53	38
8	59	31
9	55	40
10	56	32
11	56	42
12	63	37
13	55	44
14	57	42
15	54	34
16	51	38
17	58	45
18	59	38
19	56	39
20	49	38
21	60	48
22	61	43
23	50	33
24	60	38
25	51	41
26	57	39
27	60	44

ต่อ

คนที่	X (A = 70)	Y (B = 50)
28	60	37
29	57	42
30	61	40
31	60	44
32	55	41
33	54	40
34	54	40
35	58	36
	$\sum X$ =1979	$\sum Y$ = 1401

จากผลการหาประสิทธิภาพ ว่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ ได้เกณฑ์ตามที่กำหนด และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80.77 / 80.06

ตาราง 14 หาความแตกต่างจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน - หลังเรียน เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย

คนที่	สอบก่อนเรียน	สอบหลังเรียน	D	D
1	12	21	9	81
2	6	18	12	144
3	11	24	13	169
4	7	23	16	256
5	14	22	8	64
6	16	22	6	36
7	14	16	2	4
8	3	10	7	49
9	12	16	4	16
10	11	15	4	16
11	13	19	6	36
12	15	17	2	4
13	8	20	12	144
14	10	19	9	81
15	14	16	2	4
16	12	16	4	16
17	13	21	8	64
18	11	18	7	49
19	10	16	6	36
20	12	18	6	36
21	12	24	12	144
22	11	20	9	81
23	6	15	9	81
24	5	16	11	121
25	11	19	8	64
26	6	17	11	121
27	9	22	13	169

ต่อ

คนที่	สอบก่อนเรียน	สอบหลังเรียน	D	D
28	16	17	1	1
29	17	21	4	16
30	15	20	5	25
31	14	21	7	49
32	12	20	8	64
33	11	17	6	36
34	12	16	4	16
35	11	15	4	16
			$\sum D$ =255	$\sum D^2$ = 2309

ค่า t ที่คำนวณได้ เท่ากับ 11.83

จากผลการหาค่าความแตกต่าง จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่า t ที่คำนวณได้สูงกว่าค่า t จากตาราง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายสุรพล วิหคไพบูลย์
วัน เดือน ปี เกิด	5 มกราคม 2505
ที่อยู่ปัจจุบัน	79 / 120 หมู่ 4 หมู่บ้านเก้าแสน ถนนสวนสยาม แขวงคันนายาว เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร 10230 โทรศัพท์ (02) 5182548
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสุเหร่าลำนายโส แขวงคลองสองต้นนุ่น เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10510
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2524	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบางกะปิ
พ.ศ. 2530	การศึกษาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน
พ.ศ. 2543	การศึกษามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ