Faculty of Science and Technology
Chiang Mai Rajabhat University

คู่มือ
ปฏิบัติงาน

การเตรียม
ปฏิบัติการหลักเคมี
(CHEM1111)

ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ
ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

คู่มือปฏิบัติงาน
การเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี
(CHEM 1111)

ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ
ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2567

คำนำ

คู่มือปฏิบัติงานการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM1111) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการทางเคมีของนักวิทยาศาสตร์ สนับสนุนการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการหลักเคมีและการบริการให้กับอาจารผู้สอน นักศึกษา และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง สามารถทำการทดลองตามวิธีทดลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ปลอดภัย และเกิดประสิทธิผลสูงสุดกับบทปฏิบัติการนั้น ๆ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุฒิ สมนาม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มิกิ กัณณะ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดการทำคู่มือ จนทำให้คู่มือการปฏิบัติงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผู้จัดทำหวังว่าคู่มือฉบับนี้จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้ปฏิบัติงาน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหรือผู้ที่สนใจ ทั้งนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้

ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ
นักวิทยาศาสตร์
เมษายน 2567

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของคู่มือ	2
1.5 นิยายศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่ความรับผิดขอบ	3
2.1 โครงสร้างของหน่วยงาน	3
2.2 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง	10
2.3 คุณสมบัติเฉพาะสำหรับตำแหน่ง	11
2.4 ความรู้ความสามารถ ทักษะ และสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับตำแหน่ง	11
2.5 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ	11
บทที่ 3 หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน	16
3.1 สำรวจตารางการเรียนการสอน และศึกษารายละเอียดในรายวิชาปฏิบัติการ	16
3.2 ประสานงานกับอาจารย์ผู้สอน	16
3.3 วางแผนการปฏิบัติการ	17
3.4 จัดเตรียมปฏิบัติการ	17
3.5 ทดสอบก่อนปฏิบัติการทดลอง (Pre – experimental testing)	39
3.6 ตรวจสภาพอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ หลังการใช้งาน	43
3.7 การจัดเก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือและสารเคมี เก็บเข้าที่	44
3.8 การจัดการของเสีย (Waste) จากห้องปฏิบัติการ	45
บทที่ 4 เทคนิคในการปฏิบัติงาน	55
4.1 การทดลองเรื่อง สารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี	55
4.2 การทดลองเรื่อง การเลือกใช้อุปกรณ์และเลขนัยสำคัญ	58
4.3 การทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย	60
4.4 การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 การทดลองเรื่อง สมดุลเคมี	64
4.6 การทดลองเรื่อง การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น	70
4.7 การทดลองเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา	74
4.8 การทดลองเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีเบื้องต้น	76
4.9 การทดลองเรื่อง สารประกอบอินทรีย์	79
บทที่ 5 ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ	83
5.1 ปัญหาอุปสรรค และแนวทางแก้ไข	83
5.2 ข้อเสนอแนะ	84
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การดำเนินงานตาม Flow chart เตรียมปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน	15
3.1 การใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	18
3.2 ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลาย KHP	40
3.3 ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง	41
3.4 ผลการหาช่วง pH ของสารละลาย Unknown โดยใช้อินดิเคเตอร์	42
3.5 ระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายแบบอิเล็กทรอนิกส์	45
5.1 ปัญหาอุปสรรค และแนวทางแก้ไขในการปฏิบัติงาน	83

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างการบริหารงาน	5
2.2 โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการ	5
2.3 ผู้บริหารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	6
2.4 ผู้ปฏิบัติงานตามโครงสร้างการบริหารสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	7
2.5 บุคลากรสังกัดงานบริหารงานทั่วไป	8
2.6 บุคลากรสังกัดงานวิจัยและบริการการศึกษา	9
3.1 ตารางการใช้ห้องปฏิบัติการเคมี SCI6-204 ทำการเรียนการสอนวันจันทร์ – ศุกร์	16
3.2 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ความละเอียด (ก) 0.0001 g (ข) 0.001 g (ค) 0.01 g	24
3.3 ส่วนประกอบของเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC power supply)	26
3.4 การตั้งค่ากระแสไฟของเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าก่อนการใช้งาน	27
3.5 ส่วนประกอบของเครื่องมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ SUNWA รุ่น CD772	28
3.6 ทดสอบการตั้งย่านการวัดของเครื่องมัลติมิเตอร์ เพื่อวัดความต่างศักย์ก่อนการใช้งาน	29
3.7 เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง	29
3.8 ส่วนประกอบของเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว	30
3.9 การใช้งานแอปพลิเคชัน Elevation สำหรับวัดความดันบรรยากาศ	31
3.10 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น ULE500	32
3.11 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น WB22	33
3.12 แผนภาพตำแหน่งการทดสอบไอออนบรรจุในซองพลาสติก	34
3.13 การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับการทดลอง	38
3.14 ชุดทดสอบก่อนปฏิบัติการ เรื่องการไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น	39
3.15 สีของสารละลาย KHP ที่จุดยุติ	41
3.16 สีของสารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่างที่จุดยุติ	42
3.17 สีของสารละลาย Unknown โดยใช้อินดิเคเตอร์	43
3.18 การจัดเก็บอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ในตู้และชั้นเก็บอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเคมี	44
3.19 การเก็บเครื่องมือในตู้และชั้นเก็บเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมี	45
3.20 ผังการจำแนกประเภทของเสียอันตราย 15 ประเภท ตามข้อกำหนดของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	50
3.21 การจัดเก็บของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ (ก) ของเสียที่เป็นของแข็ง (ข) ของเสียที่เป็นของเหลว	51
3.22 ฉลากของเสียติดภาชนะบรรจุของเสียอันตราย	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 QR Code ไฟล์หนังสือเรื่องเทคนิคทางเคมี	55
4.2 QR Code ไฟล์เอกสารประกอบเรื่องสารเคมี	56
4.3 ตัวอย่างฉลากสารเคมีที่เป็นของแข็ง Sodium hydroxide (NaOH)	56
4.4 ตัวอย่างฉลากสารเคมีที่เป็นของเหลว Dichloromethane (CH_2Cl_2)	57
4.5 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง สารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี	57
4.6 ตัวอย่างกระดาษกรองที่ตัดให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติการพับ	58
4.7 ชุดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับการสาธิต	58
4.8 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเลือกใช้อุปกรณ์และเลขนัยสำคัญ	59
4.9 ตะกร้าสารเคมีสำหรับการทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย	60
4.10 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย	61
4.11 ตะกร้าอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์	63
4.12 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์	64
4.13 ตัวอย่างการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	68
4.14 ตะกร้าวัสดุสำหรับให้นักศึกษาใช้ส่วนกลาง	69
4.15 กระดาษแผนผังการทดลอง	69
4.16 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง สมดุลเคมี	70
4.17 การจัดสารเคมีในการทดลองเรื่อง การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น	72
4.18 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น	73
4.19 สารเคมีที่บรรจุในหลอดปิเปตต์พลาสติก	75
4.20 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา	76
4.21 การจัดสารเคมีในการทดลองเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเบื้องต้น	77
4.22 ตะกร้าอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีสำหรับให้นักศึกษาใช้ส่วนกลาง	78
4.23 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีเบื้องต้น	79
4.24 การจัดสารเคมีในการทดลองเรื่อง สารประกอบอินทรีย์	81
4.25 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง สารประกอบอินทรีย์	82

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มีภารกิจหลักในการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานคุณวุฒิอุดมศึกษาแห่งชาติและมาตรฐานวิชาชีพ ในส่วนของภาควิชาเคมี ประกอบด้วยหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี, หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี และหลักสูตรอื่น ๆ ที่เรียนรายวิชาบังคับทางเคมี ยกตัวอย่างเช่น รายวิชาเคมีพื้นฐาน (CHEM1101), เคมี1 (CHEM1102), เคมี2 (CHEM1103), เคมีทั่วไป (CHEM1105), หลักเคมี1 (CHEM1108), หลักเคมี2 (CHEM1109), หลักเคมี (CHEM1111), เคมีพื้นฐาน (CHEM1112), เคมีสำหรับครูวิทยาศาสตร์1 (CHEM1113), เคมีสำหรับครูวิทยาศาสตร์2 (CHEM1114) และเคมีสำหรับอุตสาหกรรม (CHEM1116) ซึ่งในแต่ละรายวิชาดังกล่าวมา มีการจัดการเรียนการสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติควบคู่กัน เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจทฤษฎีในรายวิชานั้น ๆ เพิ่มมากขึ้น

วิชาหลักเคมี (CHEM1111) เป็นรายวิชาเอกบังคับ มีหน่วยกิต 3(2-3-6) ซึ่งหมายถึงมีการเรียนภาคทฤษฎี 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ภาคปฏิบัติ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และศึกษาเรียนรู้ด้วยตัวเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รายวิชาดังกล่าวเป็นรายวิชาแกน อยู่ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี โดยมีวัตถุประสงค์ของรายวิชาเพื่อให้นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิตมีความรู้ ความเข้าใจ และฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือขั้นพื้นฐาน ตลอดจนสามารถใช้สารเคมีได้อย่างปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี รวมทั้งนักศึกษาสามารถใช้ความรู้ของวิชาปฏิบัติการหลักเคมี ประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิชาอื่นและในชีวิตประจำวัน ซึ่งในการจัดเตรียมปฏิบัติการและการทดลองนั้น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีทักษะการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และเข้าใจวิธีการจัดเตรียมสารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ถูกต้อง เพื่อให้ขณะจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างราบรื่นและบรรลุวัตถุประสงค์ของการทดลอง

ดังนั้น ผู้จัดทำจึงทำคู่มือปฏิบัติงานการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM1111) เพื่อให้ทราบถึงการคำนวณการเตรียมสารละลาย การเตรียมสารเคมี การใช้งานและการจัดเตรียมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการ การจัดการของเสีย (Waste) จากห้องปฏิบัติการ ตลอดจนการแก้ปัญหาในห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางเคมีไว้สำหรับผู้ปฏิบัติงาน อาจารย์ผู้สอน นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานและสามารถแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นคู่มือในการปฏิบัติงานการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM1111) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2. เพื่อให้ทราบวิธีใช้งานวัสดุ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการ
3. เพื่อให้ทราบวิธีการจัดเตรียมสารละลาย วัสดุ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการ

4. เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและเป็นไปในมาตรฐานเดียวกัน สำหรับผู้ปฏิบัติงานแทน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้คู่มือการปฏิบัติงานการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM1111) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่เป็นระบบขั้นตอน

2. ได้ทราบรายละเอียดการเตรียมความพร้อมและการใช้งานวัสดุ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการ

3. ได้ทราบรายละเอียดวิธีการเตรียมสารละลาย การจัดวัสดุ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการตั้งค่าเครื่องมือก่อนการใช้งาน

4. ได้แนวทางการปฏิบัติงานให้กับผู้ปฏิบัติงานแทน และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

1.4 ขอบเขตของคู่มือ

คู่มือการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM1111) เล่มนี้ มีเนื้อหาครอบคลุมตั้งแต่การคำนวณการเตรียมสารละลาย วิธีการเตรียมสารละลายและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลาย การใช้งานและการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการ การจัดการของเสียอันตรายที่เกิดจากกระบวนการปฏิบัติการ ปัญหาที่มักพบเจอ ในขณะที่ปฏิบัติงานและการแก้ไขปัญหาในแต่ละบทปฏิบัติการทดลองของรายวิชาหลักเคมี

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ห้องปฏิบัติการ (Laboratory) หรือเรียกว่า ห้องแลป (Lab) หมายถึง สถานที่ซึ่งอยู่ในสภาวะที่ถูกควบคุม และเป็นที่สำหรับการทดลอง การวิจัย และการวัดทางวิทยาศาสตร์และทางเทคนิค ซึ่งห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นั้นพบได้ทั้งโรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงงานอุตสาหกรรม ทั้งภาครัฐและเอกชน

การปฏิบัติการ หมายถึง การนำความรู้ที่ได้จากการเรียนภาคทฤษฎี มาลงมือทำการทดลองจริง โดยมีการวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้า

อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือ เครื่องใช้ วัสดุและสารเคมีที่ใช้สำหรับการทดลองและหาคำตอบต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

สารเคมี (Chemical substance) หมายถึง สสารวัตถุ ที่ใช้ในหรือได้จากกระบวนการเคมี อาทิ

- สารประกอบเคมี (Chemical compound) หมายถึง สสารที่ประกอบด้วยธาตุเคมีตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป มาผสมกันทางเคมีในอัตราส่วนที่แน่นอน
- ปฏิกิริยาเคมี หมายถึง กระบวนการที่สสารหนึ่ง สอง หรือมากกว่า มาผสมรวมกันแล้ว เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากสารตั้งต้น

บทที่ 2
โครงสร้างและหน้าที่ความรับผิดชอบ

2.1 โครงสร้างของหน่วยงาน

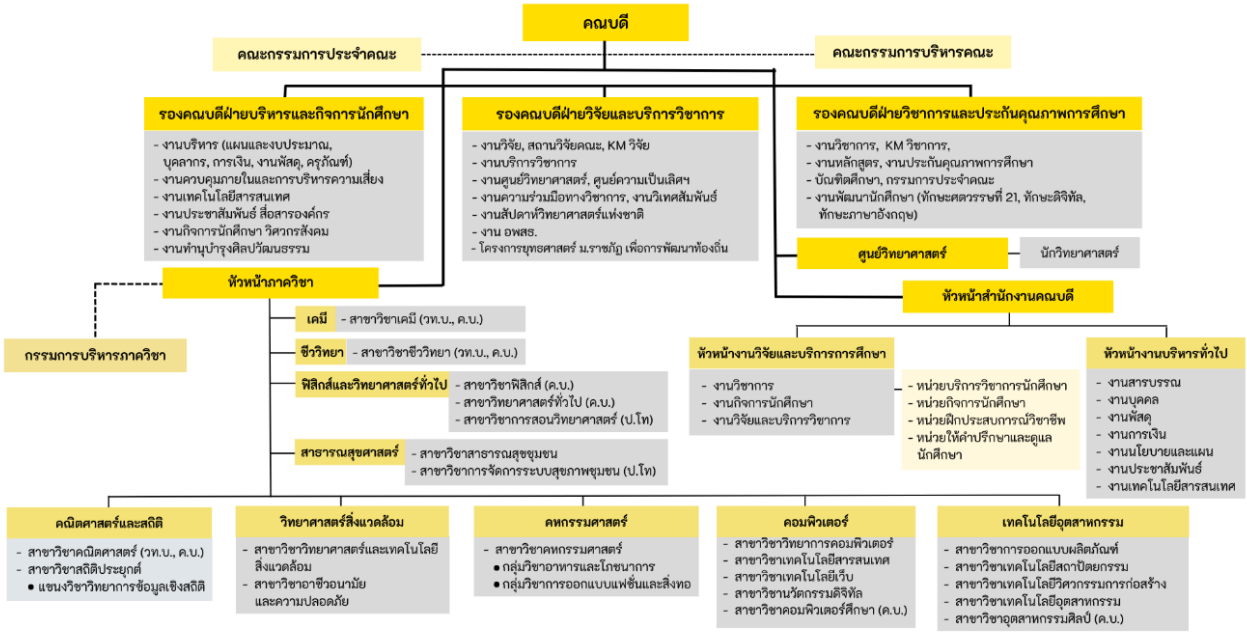
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ตั้งอยู่เลขที่ 202 ถนนช้างเผือก ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีประวัติความเป็นมาพร้อมกับการก่อตั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยมีวิวัฒนาการตามลำดับตั้งแต่โรงเรียนฝึกหัดครูกสิกรรมประจำมณฑลพายัพ ซึ่งเริ่มเปิดรับนักเรียนเข้าอยู่ประจำเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2467 และเปิดทำการสอนเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ.2467 จนกระทั่งปรับเปลี่ยนเป็นมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ในปัจจุบัน โดยเริ่มต้นในปีพุทธศักราช 2468 เปิดทำการสอนในนาม “โรงเรียนฝึกหัดครูกสิกรรมประจำมณฑลพายัพ” ที่บ้านเวียงบัว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ในปีพุทธศักราช 2470 รวมเอาการฝึกหัดครูสามัญชั้นต่ำ ประจำมณฑลแผนกชายมาเข้ากับโรงเรียนฝึกหัดกสิกรรมประจำมณฑลพายัพที่ตำบลช้างเผือก และเปลี่ยนชื่อเป็น “โรงเรียนฝึกหัดครูประกาศนียบัตรมณฑลพายัพ” ที่รู้จักกันทั่วไปในนามว่า “โรงเรียนกสิกรรมช้างเผือก” ในปีพุทธศักราช 2485 ปรับปรุงโรงเรียนฝึกหัดครูประกาศนียบัตรมณฑลพายัพเป็นโรงเรียนฝึกหัดครูสามัญ เรียกชื่อใหม่ว่า “โรงเรียนฝึกหัดครูมูล จังหวัดเชียงใหม่” ในปีพุทธศักราช 2490 เปลี่ยนชื่อเป็นโรงเรียนเพื่อให้สอดคล้องกับงานผลิตครูที่ดำเนินการอยู่ โดยเรียกว่า “โรงเรียนฝึกหัดครูเชียงใหม่” และเริ่มใช้สีดำ-เหลือง เป็นสีประจำโรงเรียน และใช้สัญลักษณ์ “พระพิฆเนศวร” เทพเจ้าแห่งปัญญาเป็นสัญลักษณ์ประจำโรงเรียน ใช้คติพจน์ประจำโรงเรียนว่า “นตถิ ปัญญา สมาอาภา” ซึ่งแปลว่า “ไม่มีแสงสว่างใด เสมอด้วยปัญญา”

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขณะนั้นมีฐานะเป็นหลายหมวดวิชา เช่น หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ หมวดวิชาคหกรรมศาสตร์ หมวดวิชาเกษตร หมวดวิชาพลานามัยขึ้นอยู่กับฝ่ายวิชาการโดยมีหัวหน้าหมวดเป็นผู้บริหารหมวด ต่อมาในปีพุทธศักราช 2503 เปิดสอนระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง (ป.กศ.สูง) และยกฐานะขึ้นเป็น “วิทยาลัยครูเชียงใหม่” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังคงมีฐานะเป็นหมวดวิชาต่าง ๆ ดังเดิม ในปีพุทธศักราช 2518 ประกาศใช้พระราชบัญญัติวิทยาลัยครู พ.ศ.2518 หมวดวิชาต่าง ๆ จึงเปลี่ยนฐานะเป็นภาควิชา สังกัดคณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีหัวหน้าคณะวิชาเป็นผู้บริหารคณะ และหัวหน้าภาควิชาเป็นผู้บริหารภาควิชา ในปีพุทธศักราช 2528 ประกาศใช้พระราชบัญญัติวิทยาลัยครู (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2528 มีการจัดการศึกษาในสาขาวิชาการศึกษา สาขาวิชาศิลปะศาสตร์และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเกษตร ยกฐานะเป็นคณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาพลศึกษาย้ายไปสังกัดคณะครุศาสตร์ ในปีพุทธศักราช 2535 พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ 9 ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานนาม “สถาบันราชภัฏ” แทนคำว่า “วิทยาลัยครู” โดยมีตราสัญลักษณ์ประจำสถาบันเป็นตราพระราชลัญจกรประจำพระองค์ของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ 9 เมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2535

ในปีพุทธศักราช 2538 ประกาศใช้พระราชบัญญัติสถาบันราชภัฏ พ.ศ.2538 ให้สถาบันราชภัฏเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น โดยมีวัตถุประสงค์ให้การศึกษาวิชาการและวิชาชีพชั้นสูง

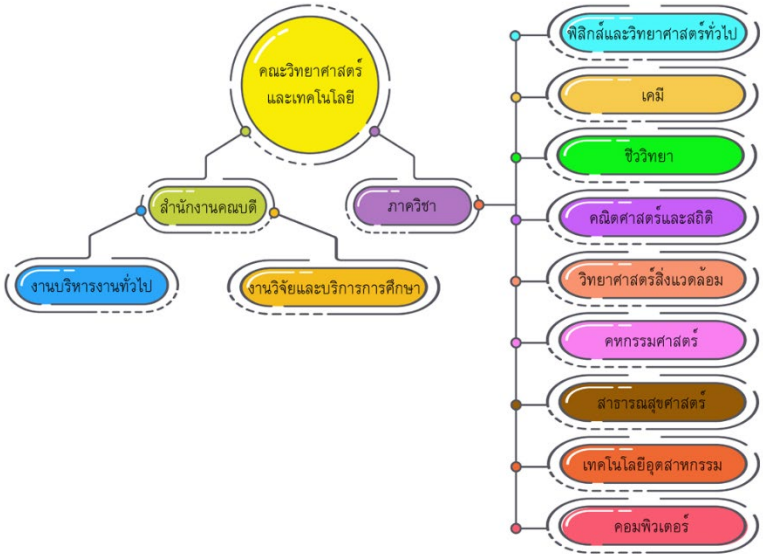
ทำการวิจัย ให้บริการทางวิชาการแก่สังคม ปรับปรุง ถ่ายทอดและพัฒนาเทคโนโลยี ทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ผลิตครูและส่งเสริมวิทยฐานะครู โดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีคณบดีเป็นผู้บริหารคณะวิชา พุทธศักราช 2540 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมรับผิดชอบโครงการพัฒนาการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (โครงการ พวส.) โดยให้สำนักงานคณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นสำนักงานประสานโครงการ พวส. พุทธศักราช 2541 เริ่มก่อสร้างอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ ในปีงบประมาณ 2541 เมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2540 แล้วเสร็จวันที่ 15 กันยายน 2542 ใช้งบประมาณทั้งสิ้น 38,790,000 บาท ต่อมาในปีพุทธศักราช 2543-ปัจจุบัน ย้ายที่ทำงานคณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากอาคาร 3 ชั้น 1 มาอยู่ชั้น 1 ของอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ เพื่อความสะดวกในการทำงานและบริหารงานทั้งศูนย์วิทยาศาสตร์และสำนักงานคณบดี ปัจจุบันอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์หรืออาคาร 28 มีชื่ออีกชื่อหนึ่งคือ อาคารเฉลิมพระเกียรติ 50 พรรษามหาวชิราลงกรณ และในปีพุทธศักราช 2547-ปัจจุบัน พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ 9 ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ลงพระปรมาภิไธยในพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ.2547 เมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2547 อันมีผลให้ “สถาบันราชภัฏ” มีสถานภาพเป็นนิติบุคคลโดยสมบูรณ์ และใช้ชื่อ “มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่” จนถึงปัจจุบัน และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังคงใช้ชื่อคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเช่นเดิม โดยมีโครงสร้างองค์กรดังนี้

2.1.1 โครงสร้างการบริหารงาน



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการบริหารงาน

2.1.2 โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการ



รูปที่ 2.2 โครงสร้างการแบ่งส่วนราชการ

2.1.3 คณะผู้บริหาร

รูปที่ 2.3 ผู้บริหารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

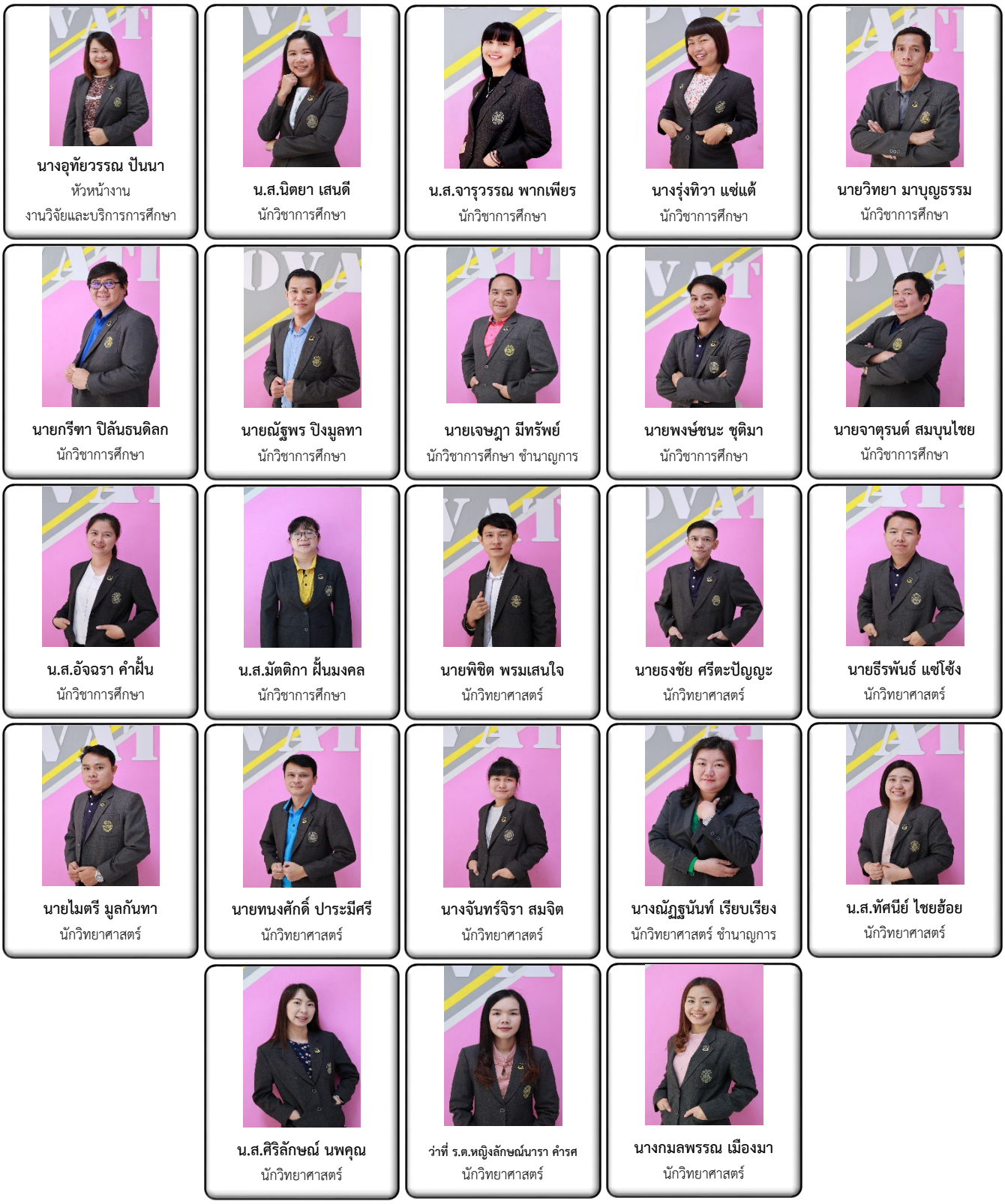
2.1.4 ผู้ปฏิบัติงานตามโครงสร้างการบริหารสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รูปที่ 2.4 ผู้ปฏิบัติงานตามโครงสร้างการบริหารสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.1.5 บุคลากรสังกัดงานบริหารงานทั่วไป

รูปที่ 2.5 บุคลากรสังกัดงานบริหารงานทั่วไป

2.1.6 บุคลากรสังกัดงานวิจัยและบริการการศึกษา



รูปที่ 2.6 บุคลากรสังกัดงานวิจัยและบริการการศึกษา

2.1.7 ภาระหน้าที่ของสำนักงานคณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มีภาควิชาในสังกัดจำนวน 9 ภาควิชา ประกอบด้วยภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาเคมี ภาควิชาชีววิทยา ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาสาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ และภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มีการกำหนดโครงสร้างการบริหารงานภายในสำนักงานคณบดี ออกเป็น 2 กลุ่มงาน คือ

1. กลุ่มงานบริหารงานทั่วไป ประกอบด้วยงานบุคคล งานสารบรรณ งานการเงิน งานพัสดุ งานนโยบายและแผน งานเทคโนโลยีสารสนเทศ งานประกันคุณภาพการศึกษา งานการประชุม และงานสวัสดิการ

2. กลุ่มงานวิจัยและบริการวิชาการ ประกอบด้วยงานวิชาการด้านหลักสูตร ระดับปริญญาตรีและปริญญาโท งานวิจัยและบริการวิชาการ งานกิจการนักศึกษา งานห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง

บทบาทหน้าที่หลัก

หน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ตามมาตรฐานกำหนดตำแหน่งของ ก.พ.อ. ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานระดับต้น ที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถทางวิชาการในการทำงานปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้การกำกับ แนะนำ ตรวจสอบ และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย

โดยลักษณะงานที่ปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านการปฏิบัติการ

(1) ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และร่วมดำเนินการวิจัย เผยแพร่ผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาอุตสาหกรรม

(2) วิเคราะห์ ทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจวัด ตรวจพิสูจน์ วินิจฉัยทางวิทยาศาสตร์ของวัตถุตัวอย่าง สอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำฐานข้อมูลห้องปฏิบัติการ ส่งเสริมพัฒนาห้องปฏิบัติการ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

(3) ให้บริการวิชาการในด้านต่าง ๆ เช่น ให้คำปรึกษา แนะนำ ในการปฏิบัติงานแก่เจ้าหน้าที่ระดับรองลงมาและแก่นักศึกษาที่มาฝึกปฏิบัติงาน ตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ด้านการวางแผน

วางแผนการทำงานที่รับผิดชอบ ร่วมวางแผนการทำงานของหน่วยงานหรือโครงการ เพื่อให้เกิดการดำเนินงานบรรลุตามเป้าหมายและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

3. ด้านการประสานงาน

(1) ประสานการทำงานร่วมกันระหว่างทีมงานหรือหน่วยงานภายในและภายนอก เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ตามที่กำหนดไว้

(2) ชี้แจงและให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่บุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจหรือความร่วมมือในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านการบริการ

(1) ให้คำปรึกษา แนะนำเบื้องต้น เผยแพร่ ถ่ายทอดความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้ผู้รับบริการได้รับทราบข้อมูล ความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์

(2) จัดเก็บข้อมูลเบื้องต้น และให้บริการข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน นักศึกษา ตลอดจนผู้รับบริการได้ทราบข้อมูลและความรู้ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ สอดคล้องและสนับสนุนภารกิจของหน่วยงาน และใช้ประกอบการพิจารณากำหนดนโยบาย แผนงาน หลักเกณฑ์ มาตรการต่าง ๆ

2.3 คุณสมบัติเฉพาะสำหรับตำแหน่ง

มีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1) ได้รับปริญญาตรี หรือเทียบได้ไม่ต่ำกว่านี้ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

2) ได้รับปริญญาโท หรือเทียบได้ไม่ต่ำกว่านี้ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

3) ได้รับปริญญาเอก หรือเทียบได้ไม่ต่ำกว่านี้ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

2.4 ความรู้ความสามารถ ทักษะ และสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับตำแหน่ง

ความรู้ความสามารถ ทักษะ และสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับตำแหน่งให้เป็นไปตามที่สภาสถาบันอุดมศึกษากำหนด

2.5 บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบ

ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ระดับปฏิบัติการ

หน้าที่ความรับผิดชอบ

1. ด้านปฏิบัติการ

1.1 งานศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ดูแลสารเคมี อุปกรณ์ - เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ

1) ปฏิบัติงานเป็นผู้ช่วยสอนรายวิชาปฏิบัติการ ในส่วนของการสาธิตเทคนิคการใช้อุปกรณ์พื้นฐาน หรือการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการทดลองให้กับนักศึกษาและบุคคลภายนอกหน่วยงาน

2) จัดเตรียมสารเคมี สารละลายเคมีและสารละลายตัวอย่าง อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้อง ครบถ้วน พร้อมต่อการทำปฏิบัติการในแต่ละสัปดาห์ และโครงการต่าง ๆ ทั้งนี้จะมีการทดลองและตรวจสอบเครื่องมือก่อนนำมาปฏิบัติจริง

3) จัดทำทะเบียนสารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือและครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ซื้อใหม่ ชำรุด ส่งซ่อม หมดหรือแตกใช้งานไม่ได้ เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการทรัพยากรของภาควิชา

4) ดูแลการยืม - คืน จัดทำแบบฟอร์มการยืม - คืน สมุดบันทึกการใช้งาน (Logbook) บำรุงรักษาและจัดเก็บสารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือและครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกเป็นหมวดหมู่ รวมถึงดูแลห้องปฏิบัติการให้ถูกสุขลักษณะ และมีความพร้อมต่อการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อส่งเสริมการดำเนินงานด้านการจัดการเรียนการสอนและการบริการวิชาการของห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 งานวิเคราะห์ข้อมูล และร่วมดำเนินการวิจัย เผยแพร่ผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1) ดำเนินการวิจัยจากปัญหาของเสียที่เกิดในห้องปฏิบัติการ เรื่องการจัดการของเสียที่มีทองแดงเจือปน เพื่อเตรียมเป็นสารเคมี สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ เป็นการนำโลหะทองแดงที่เกิดจากการทดลอง กลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ทำให้สารเหลือทิ้งในห้องปฏิบัติการลดลง และได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางเคมีของทองแดงที่เตรียมได้ นำมาพัฒนางานห้องปฏิบัติการเคมี ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณกองทุนวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ กลุ่มงานวิจัยเพื่อพัฒนางานประจำ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และได้นำเสนอผลงานวิจัย เรื่อง The Management of Copper Contaminated Waste to Prepare the Chemicals using in Laboratory ในการประชุมวิชาการนานาชาติ Pure and Applied Chemistry International Conference 2022 (PACCON 2022) ภายใต้หัวข้อ “Frontiers in Chemical Sciences for Health, Energy and Sustainability” ระหว่างวันที่ 30 มิถุนายน – 1 กรกฎาคม 2565 ณ KMITL Convention Hall, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

1.3 งานตรวจสอบ ตรวจวัด ตรวจพิสูจน์ วินิจฉัยทางวิทยาศาสตร์ของวัตถุตัวอย่าง สอบเทียบเครื่องมือวัด

1) ดำเนินการตรวจสอบ ตรวจวัด เครื่องชั่ง เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter) เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง (DC power supply) เครื่องมือและครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จะใช้ในการเรียนการสอน ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ก่อนการใช้งานจริงอย่างน้อย 2-4 สัปดาห์ หากพบการชำรุดจะได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นหรือส่งซ่อมตามประกันของเครื่องมือนั้น ๆ

2) ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัดและเครื่องชั่ง เพื่อให้การใช้งานมีความถูกต้องและแม่นยำอย่างสม่ำเสมอ

3) จัดทำฐานข้อมูลห้องปฏิบัติการ จากทะเบียนสารเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือและครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน นำมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีศักยภาพตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านการวางแผน

2.1 วางแผนการทำงานที่รับผิดชอบ ร่วมงานแผนการทำงานของหน่วยงานหรือโครงการ

1) วางแผนการจัดทำตารางสอน เวลาทำปฏิบัติการ การใช้ห้องปฏิบัติการร่วมกับอาจารย์และนักศึกษา เพื่อให้การเรียนการสอนในแต่ละภาคการศึกษาดำเนินงานบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

2) วางแผนเตรียมปฏิบัติการ เตรียมอุปกรณ์ - เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และสารเคมีสำหรับการเรียนการสอนหรือโครงการต่าง ๆ เพื่อให้การดำเนินงานการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการ สำเร็จตามแผนและวัตถุประสงค์ของรายวิชา

3) วางแผนการจัดหา จัดซื้อ สารเคมีและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตามปฏิบัติการร่วมกับอาจารย์ เพื่อให้เพียงพอต่อการทำปฏิบัติการในแต่ละปีการศึกษา

4) กำหนดแผนการใช้งานเครื่องมือและครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ตามตารางสอนในรายวิชาปฏิบัติการและการจัดอบรมโครงการต่าง ๆ รวมถึงการบำรุงรักษา การซ่อมครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับอาจารย์เพื่อปรับปรุง แก้ไขให้เกิดระบบการจัดการครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ

3. ด้านการประสานงาน

3.1 ประสานงานร่วมกันระหว่างทีมงาน หรือหน่วยงานภายในและภายนอก

1) ประสานงานร่วมกับอาจารย์ผู้สอน ในการบริหารจัดการทรัพยากรของภาควิชา เพื่อให้สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

2) ประสานงานด้านการวิจัย โครงการวิจัยให้กับอาจารย์ นักศึกษา นักวิจัย เพื่อให้เข้าใจระเบียบและกระบวนการวิจัยมากขึ้น

3) ประสานงานร่วมกับหน่วยงานภายใน (ฝ่ายโสตทัศนูปกรณ์) กรณีเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์และเครื่องเสียงในห้องปฏิบัติการมีปัญหาใช้งานไม่ได้ รวมถึงหน่วยงานอื่น ๆ ภายในมหาวิทยาลัย เพื่อติดต่อในการให้หรือขอข้อมูลต่าง ๆ ตามงานที่ได้รับมอบหมายจากภาควิชา

4) ประสานงานร่วมกับทีมนักวิทยาศาสตร์ของภาควิชา เพื่อหารือเกี่ยวกับการจัดซื้อสารเคมี อุปกรณ์ เครื่องแก้ว เครื่องมือ - ครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ ให้เพียงพอต่อการทำปฏิบัติการ

5) ประสานงานร่วมกับหน่วยงานภายนอก ในการขอใบเสนอราคาสารเคมี อุปกรณ์ เครื่องแก้ว เครื่องมือ - ครุภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อดำเนินการจัดซื้อให้เพียงพอต่อการทำปฏิบัติการ

3.2 ชี้แจงให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ข้อเท็จจริง แก่บุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1) ชี้แจงและให้รายละเอียดเกี่ยวกับการเตรียมสารเคมี สารละลายเคมีและสารละลายตัวอย่าง แนะนำวิธีการใช้งาน การทำความสะอาด การจัดเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ให้กับอาจารย์ผู้สอน นักศึกษา นักวิจัย รวมถึงบุคคลภายนอกให้เกิดความเข้าใจร่วมกันในการทำงาน

2) ชี้แจงและให้รายละเอียดเกี่ยวกับระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการและข้อปฏิบัติก่อน - หลังการทำปฏิบัติการ การยืม - คืนสารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันก่อนการปฏิบัติงานจริง

4. ด้านการบริการ

4.1 ให้บริการการเรียนการสอนในการจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และสารเคมีของห้องปฏิบัติการตามตารางสอน

4.2 ให้ความรู้และคำแนะนำแก่นักศึกษา หรือบุคลากรที่ขอใช้ห้องในการทำปฏิบัติการเกี่ยวกับเทคนิคการใช้อุปกรณ์ การบำรุงรักษา และกฎระเบียบต่าง ๆ ในการใช้ห้องปฏิบัติการ

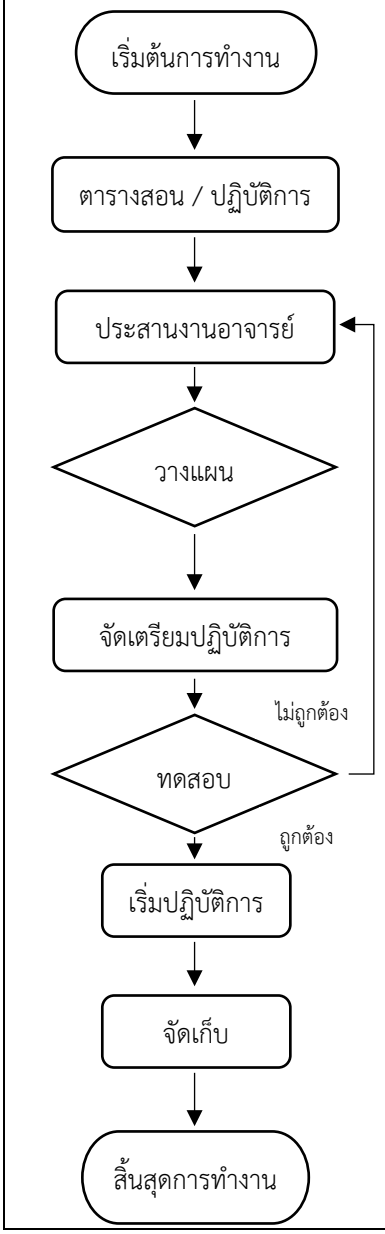
4.3 บริการยืม - คืน อุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี และเครื่องมือพื้นฐานต่างๆ ให้กับอาจารย์และนักศึกษา

5. งานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

5.1 ปฏิบัติงานตามคำสั่งที่ได้รับการแต่งตั้งและงานที่ได้รับมอบหมาย

จากบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบตามที่ได้รับมอบหมายดังกล่าวข้างต้น ผู้เขียนได้เลือกนำงานจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว สารเคมี สำหรับการทำปฏิบัติการทดลองในรายวิชาปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM 1111) มาเขียนเป็นคู่มือปฏิบัติงาน โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Flow chart) แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การดำเนินงานตาม Flow chart เตรียมปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน

ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ	ระยะเวลา
			
	ศึกษารายละเอียดในรายวิชาปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM 1111)	นักวิทยาศาสตร์	1 ภาคการศึกษา
	สำรวจและกำหนดสัปดาห์ที่จะเริ่มบทปฏิบัติการที่ 1 - 9	นักวิทยาศาสตร์	30 นาที
	วางแผนและตรวจสอบสารเคมี วัสดุ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการ	นักวิทยาศาสตร์	1 – 3 วัน
	เตรียมสารเคมี จัดเรียงวัสดุ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ จัดเตรียมเป็นกลุ่ม ๆ	นักวิทยาศาสตร์	1 - 2 วัน
	ทดสอบก่อนปฏิบัติการทดลอง	นักวิทยาศาสตร์	1 – 2 วัน
	ดูแลความเรียบร้อยระหว่างที่นักศึกษาลงมือปฏิบัติการ	นักวิทยาศาสตร์	3.00 ชั่วโมง
	จัดเก็บวัสดุ อุปกรณ์ วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ และบันทึกการใช้งาน	นักวิทยาศาสตร์	2.00 ชั่วโมง (หลังการเรียนการสอน)

บทที่ 3
หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน

จากแผนผังขั้นตอนในกระบวนการเตรียมปฏิบัติการรายวิชาหลักเคมี (CHEM1111) สำหรับการเรียนการสอนของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ผู้ปฏิบัติงานมีแนวทางปฏิบัติและรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 สำรวจตารางการเรียนการสอน และศึกษารายละเอียดในรายวิชาปฏิบัติการ

3.1.1 ผู้ปฏิบัติงานในการดูแลและจัดการเตรียมปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอนภายในห้องปฏิบัติการเคมี จะต้องดำเนินการสำรวจตารางการเรียนการสอนจากอาจารย์ฝ่ายวิชาการของภาควิชาเคมี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการ ภาคปฏิบัติ แสดงดังรูปที่ 3.1

ตารางการใช้ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

ห้อง SCI6 – 204 อาคาร SCI6 เคมี

เวลา / วัน	8.00 – 8.30	8.30 – 9.00	9.00 – 9.30	9.30 – 10.00	10.00 – 10.30	10.30 – 11.00	11.00 – 11.30	11.30 – 12.00	12.00 – 12.30	12.30 – 13.00	13.00 – 13.30	13.30 – 14.00	14.00 – 14.30	14.30 – 15.00	15.00 – 15.30	15.30 – 16.00	16.00 – 16.30	16.30 – 17.00	17.00 – 17.30	17.30 – 18.00
จันทร์														CHEM1102 ปฏิบัติการเคมี 1 Sec.51 อ.ดร.สุวคนธ์						
อังคาร														CHEM1111 ปฏิบัติการหลักเคมี Sec.51 ผศ.ดร.พัชรนันท์						
พุธ		CHEM1101 ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน Sec.53 อ.ดร.สุวคนธ์																		
พฤหัสบดี									CHEM1108 ปฏิบัติการหลักเคมี 1 Sec.51 ผศ.ดร.พัชรนันท์											
ศุกร์		CHEM1101 ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน Sec.52 ผศ.ดร.อโนดาษ์												CHEM1101 ปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน Sec.51 รศ.ดร.สราวุฒิ, อ.ดร.ดวงเดือน (สอนร่วม)						
เสาร์																				
อาทิตย์																				

หมายเหตุ. *กรุณากรอกรายละเอียดของ 1. รหัสวิชา 2. Section 3. หน่วยกิต 4. ห้องเรียน 5. ผู้สอนร่วม (ถ้ามี)

ที่ปรึกษาภาคปกติ.....หมู่เรียน พิเศษ.....หมู่เรียน นักศึกษาวิจัยภาคปกติ.....คน พิเศษ.....คน

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ.....

หัวหน้าภาควิชา.....

รูปที่ 3.1 ตารางการใช้ห้องปฏิบัติการเคมี SCI6-204 ทำการเรียนการสอนวันจันทร์ – วันศุกร์

3.1.2 ศึกษารายละเอียดและทำความเข้าใจงานการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี และดำเนินการจัดซื้อจัดหาในส่วนที่ขาดเพิ่มเติม

3.2 ประสานงานกับอาจารย์ผู้สอน

หลังจากที่ผู้ปฏิบัติงานมีการสำรวจตารางการใช้ห้องปฏิบัติการ และศึกษารายละเอียดของบทปฏิบัติการเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเรียบร้อยแล้ว ดำเนินการดังนี้

3.2.1 ประสานงานร่วมกับอาจารย์ผู้สอน ในการกำหนดสัปดาห์ที่จะเริ่มจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการ การใช้วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และสารเคมี ตามการทดลองที่มีในปฏิบัติการหลักเคมี ทั้งหมด 9 การทดลอง ประกอบด้วยสารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์และ

เลขนัยสำคัญ การเตรียมสารละลาย การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์ สมดุลเคมี การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น อัตราการเกิดปฏิกิริยา เซลล์ไฟฟ้าเคมีเบื้องต้น และสารประกอบอินทรีย์ เป็นต้น

3.3 วางแผนการปฏิบัติการ

เพื่อให้การดำเนินงานการเรียนการสอนปฏิบัติการสำเร็จตามแผนและวัตถุประสงค์ของรายวิชาปฏิบัติการหลักเคมี เมื่อผู้ปฏิบัติงานได้รับกำหนดการเริ่มทำปฏิบัติการจากอาจารย์ผู้สอนเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการวางแผนของตัวเองว่าต้องดำเนินการอย่างไร เมื่อไหร่ เพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้าหรือติดขัดในกระบวนการทำงาน ควรกำหนดเวลาของการเตรียมการปฏิบัติล่วงหน้า ตามแนวทางดังนี้

3.3.1 ดำเนินการแยกการทดลองที่ต้องการเวลาในการเตรียมมาก การทดลองที่ต้องการความเร่งด่วน การทดลองที่มีความหลากหลายของอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี ถ้าเป็นไปได้ควรศึกษารายละเอียดก่อนการปฏิบัติจริง ล่วงหน้า 1 – 3 วัน หรือตามความเหมาะสม

3.3.2 ดำเนินการตรวจสอบ วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และสารเคมีที่ใช้ในปฏิบัติการล่วงหน้าอย่างน้อย 1 – 2 วัน

3.3.3 หากต้องทำการทดสอบเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์หรือการทดลอง ควรดำเนินการล่วงหน้าอย่างน้อย 1 – 2 วัน ก่อนทำการปฏิบัติจริง

3.3.4 ดำเนินการเตรียมความพร้อมสถานที่ โสตทัศนูปกรณ์และสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนทำปฏิบัติการจริง

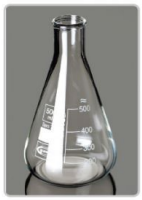
3.4 จัดเตรียมปฏิบัติการ

งานเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี เป็นการศึกษาค้นคว้า ตรวจสอบ ทดสอบ วิเคราะห์จากทดลองที่ปฏิบัติจริงในห้องปฏิบัติการ ในทางปฏิบัติต้องอาศัยวัสดุ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือในการทดลอง ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงต้องมีความชำนาญในการใช้งานของวัสดุ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเครื่องมือก่อนลงมือทำการทดลอง เพื่อความแม่นยำในการตรวจวัดและทดลอง ทดสอบการเตรียมปฏิบัติการ ซึ่งสามารถเขียนการใช้งานอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และการเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการมีดังนี้

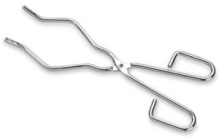
3.4.1 อุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับปฏิบัติการเคมีเบื้องต้น

การทดลองในห้องปฏิบัติการทางเคมี นอกจากจะมีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทดลองแล้ว ผู้ปฏิบัติงานจะต้องรู้จักวิธีการใช้อุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในบทปฏิบัติการเคมี แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

ชื่ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์	การใช้งาน
1. บีกเกอร์ (Beaker)	ใช้เป็นภาชนะในการชั่ง เตรียมสารละลายและใช้ตวงสารทั้งของแข็งและของเหลวที่มีคุณสมบัติกัดกร่อนพลาสติก และไม่ต้องการปริมาตรที่แน่นอน
2. หลอดทดลอง (Test tube)	ใช้ใส่สารปริมาณน้อย ๆ เพื่อการทดสอบ
3. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) 	ใส่สารละลาย เพื่อใช้ในการทำปฏิกิริยาหรือการไทเทรต
4. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)	ใช้เตรียมสารละลายที่ต้องการความเข้มข้นที่แน่นอน
5. ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)	บรรจุน้ำกลั่น เพื่อใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) การใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

ชื่ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์	การใช้งาน
6. กระบอกตวง (Graduated cylinder)	ใช้ตวงปริมาตรของสารละลาย
7. บิวเรตต์ (Burette)	ใช้บรรจุสารละลายสำหรับการไทเทรต เพื่อหาความเข้มข้น
8. ปิเปตต์ (Pipette)	ใช้ดูดสารละลายที่ต้องการปริมาตรที่แน่นอน
9. ที่จับครูซิเบิล (Crucible tongs) 	ใช้คีบและใช้จับของร้อน
10. หลอดหยด (Dropper)	ใช้ดูดและหยดสารละลาย

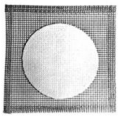
ตารางที่ 3.1 (ต่อ) การใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

ชื่ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์	การใช้งาน
11. ปิเปตพลาสติก (Plastic pipette)	ใช้ดูดหรือตวงสารละลายในปริมาณน้อย ๆ
12. แท่งแก้วคน (Stirrer, Stirring rod)	ใช้คนสารและช่วยในการเทสารละลาย
13. ลูกยางปิเปตต์ (Pipette rubber)	ใช้ร่วมกับปิเปตต์ สำหรับดูดสารละลาย
14. ช้อนตักสาร (Spatula)	ใช้ตักสารเคมีหรือตัวอย่างที่เป็นของแข็ง
15. ตัวหนีบหลอดทดลอง (Test tube holder)	ใช้จับหลอดทดลองขณะร้อน

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) การใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

ชื่ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์	การใช้งาน
16. ที่ตั้งหลอดทดลอง (Test tube rack)	ใช้วางหลอดทดลอง
17. ชามระเหย (Evaporating dish)	ใช้ระเหยสารด้วยความร้อน
18. กระจกนาฬิกา (Watch glass)	ใช้ปิดภาชนะ, วางกระดาษลิตมัส, ระเหยสารปริมาณน้อย ๆ
19. กรวยกรอง (Glass funnel)	ใช้กรองสารทั่วไป
20. กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel)	ใช้ในการกรองดูดสารโดยใช้ความดัน

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) การใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

ชื่ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์	การใช้งาน
21. ฐานตั้งเหล็กวิทยาศาสตร์ (Stand)	ใช้ติดตั้งชุดเครื่องมือ
22. โอริง (O-Ring)	ใช้ยึดกับฐานตั้งเหล็ก (Stand)
23. ตัวยึดบิวเรตต์ (Burette clamp)	ใช้ยึดบิวเรตต์ติดกับฐานตั้งเหล็ก (Stand)
24. ตะแกรงลวด (Wire gauze) 	ใช้กระจายความร้อน, ใช้รองรับอุปกรณ์
25. จานหลุมพลาสติก (Spotting plate)	ใช้ในการทดสอบสารเคมีในปริมาณน้อย ๆ

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) การใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

ชื่ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์	การใช้งาน
26. นาฬิกาจับเวลาดิจิตอล (Digital watch)	ใช้จับเวลาขณะทำการทดลอง
27. ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol burner)	ใช้ให้ความร้อน เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นประเภทแอลกอฮอล์
28. กรวยพลาสติก (Funnel plastic)	ใช้สำหรับเทสารละลายหรือวัสดุที่เป็นเม็ดขนาดเล็ก ลงในอุปกรณ์หรือภาชนะที่มีปากแคบ
29. ปากคีบแสตนเลส (Forceps)	ใช้จับหรือคีบวัสดุที่มีขนาดเล็ก
30. เดซิกเคเตอร์หรือโถดูดความชื้น (Desiccator)	โถบรรจุสารดูดความชื้น ใช้ดูดความชื้นใช้เก็บสารที่ร้อนที่ต้องการทำให้เย็นลง โดยไม่ดูดความชื้นจากอากาศ

3.4.2 งานเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในบทปฏิบัติการ

3.4.2.1 เครื่องชั่งระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic balance)

ปัจจุบันจะใช้เครื่องชั่งระบบนี้ในการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการทางเคมี สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารโดยการชั่งน้ำหนัก เนื่องจากมีความละเอียดสูง สามารถอ่านค่าได้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (0.01 g) ถึง 4 ตำแหน่ง (0.0001 g) แสดงดังรูปที่ 3.2

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ความละเอียด (ก) 0.0001 g (ข) 0.001 g (ค) 0.01 g
ที่มา : https://www.thaivictory.co.th/product/666838 (เข้าถึงวันที่ 12 ธันวาคม 2566)

ก่อนที่จะให้นักศึกษาใช้งานเครื่องชั่งประเภทนี้ในบทปฏิบัติการ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องดำเนินการดังนี้

1) การปฏิบัติก่อนใช้งาน

- ตรวจสอบเครื่องชั่ง ถ้าตำแหน่งของลูกน้ำไม่อยู่ตรงกลางวงกลม แสดงว่าเครื่องชั่งไม่อยู่ในตำแหน่งสมดุล ให้ปรับลูกน้ำให้อยู่กลางวงกลม
- ตรวจสอบความสะอาดเครื่องชั่ง ทำความสะอาดด้วยแปรงปัดฝุ่น หรือเช็ดด้วยสำลีชุบ 70% เอทานอล
- เปิดเครื่องชั่งทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที เพื่ออุ่นเครื่อง และเพื่อปรับให้อุณหภูมิภายในเครื่องชั่งอยู่ในระดับสมดุล

2) วิธีการใช้งาน

- เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม “ON” รอจนหน้าปัดแสดงตัวเลข
- วางลูกตุ้มน้ำหนักที่ต้องการชั่งบนจานชั่ง (ควรวางตำแหน่งกึ่งกลางของจานชั่ง) รอจนหน้าปัดแสดงน้ำหนักของลูกตุ้ม ถือว่าเป็นค่าน้ำหนักที่ถูกต้อง

- กรณีที่วัตถุต้องมีภาชนะรองรับ ให้วางภาชนะบนจานชั่งรอจนหน้าปัดแสดงตัวเลข แล้วจึงกดปุ่ม “O/T” (Tare) เพื่อปรับ “0” จากนั้นใส่วัตถุในภาชนะ รอจนหน้าปัดแสดงตัวเลข ถือว่าเป็นค่าน้ำหนักที่ถูกต้อง

- เมื่อทำการชั่งลูกตุ้มน้ำหนักเสร็จเรียบร้อย ให้ลงบันทึกการตรวจสอบเครื่องชั่ง และการใช้งาน

3) การปฏิบัติหลังใช้งาน

- เมื่อเลิกใช้งานให้ปิดเครื่องชั่ง โดยกดปุ่ม “OFF” ค้างไว้ รอจนหน้าปัดเครื่องชั่งแสดงตัวอักษร OFF

- ตรวจสอบความสะอาดที่จานชั่ง หากสารหกให้ทำความสะอาด โดยใช้แปรงปัดหรือเช็ดด้วยสำลีชุบ 70% เอทานอล

4) การบำรุงรักษา

- ผู้ปฏิบัติงานจะต้องตรวจสอบความสะอาดของเครื่องชั่ง จานชั่ง พื้นรอบจานชั่ง ก่อนและหลังการใช้งาน

- ห้ามชั่งวัตถุที่มีน้ำหนักเกินขีดจำกัดสูงสุด (Maximum capacity) ที่เครื่องชั่งสามารถชั่งได้ รวมถึงชนิด ขนาดและภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ใช้ชั่งควรเหมาะสมกับตัวอย่างที่นำมาชั่ง

- กรณีใช้ปุ่ม “O/T” (Tare) เพื่อหักน้ำหนักภาชนะ น้ำหนักรวมของภาชนะบรรจุและตัวอย่าง ต้องไม่เกินขีดจำกัดสูงสุดของเครื่องชั่ง

- ห้ามชั่งสารเคมีโดยตรงบนจานชั่ง ต้องมีภาชนะรองรับเสมอ ขณะชั่งหากมีสารหกบนจานชั่งจะต้องทำความสะอาดทันที โดยใช้แปรงปัดสารออกจากจานชั่งและเครื่องชั่ง หรือใช้ผ้านุ่มเช็ดหากจำเป็นให้เช็ดด้วยสำลีชุบ 70% เอทานอล ห้ามใช้ทินเนอร์หรืออะซีโตน

- การชั่งสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนโลหะหรือระเหิดได้ เช่น ไอโอดีน สารประกอบไซยาไนด์ ฯลฯ ให้ใช้ขวดชั่งสารที่มีฝาปิด (Weighing bottle)

- การเคลื่อนย้ายหรือการซ่อมเครื่องชั่งต้องกระทำโดยช่างผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น

5) ข้อควรระวัง

เนื่องจากเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า การเสียบปลั๊กหรือถอดปลั๊กควรใช้ความระมัดระวัง

3.4.2.2 เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC power supply)

เป็นเครื่องมือที่ใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์อื่น ๆ โดยตัวเครื่องส่วนใหญ่สามารถแปลงค่าไฟฟ้าจากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้ ซึ่งถูกคิดค้นออกแบบมาเพื่อสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้อย่างเสถียร แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการทดลองเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเบื้องต้น คือ ยี่ห้อ MCP รุ่น M10-QS305 ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจะต้องเข้าใจส่วนประกอบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเครื่องจ่ายไฟกระแสตรง (DC power supply)

การทดสอบเครื่องมือก่อนการใช้งานเบื้องต้น ใช้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นค่าที่คงตัว กระแสที่จ่ายให้ประมาณ 250 mA มีการตั้งค่าก่อนการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3.4

1) ปุ่ม ON/OFF ของเครื่อง Power supply

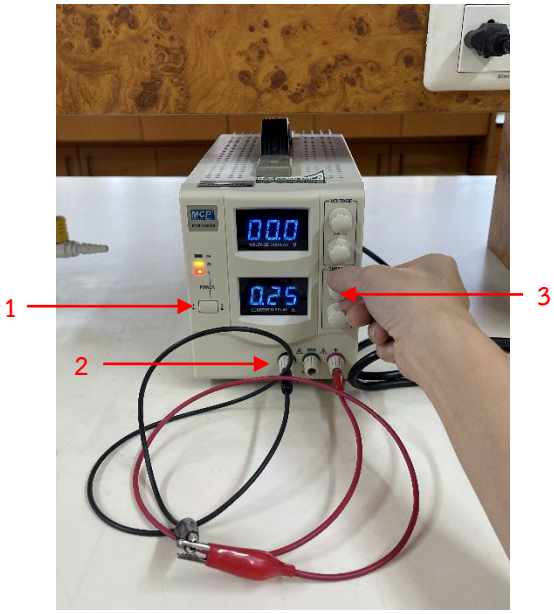
2) เสียบสายไฟปากจระเข้สีดำที่ขั้วลบ (-) และสายไฟปากจระเข้สีแดงที่ขั้วบวก (+) เข้ากับเครื่องจ่ายกระแสไฟ และต่อให้กระแสไฟครบวงจรโดยคีบปากจระเข้ทั้ง 2 สายเข้าด้วยกัน

3) ปรับกระแสไฟที่ปุ่มปรับกระแสหยาบและปุ่มปรับกระแสละเอียด อ่านจอแสดงค่ากระแสไฟ 0.25 A

4) แยกที่คีบปากจระเข้ออก สามารถนำใช้การทดลองนั้น ๆ ได้

5) หลังการใช้งาน จะต้องหมุนปุ่มปรับแรงดันแบบหยาบ ปุ่มปรับแรงดันแบบละเอียด ปุ่มปรับกระแสแบบหยาบ และปุ่มปรับกระแสแบบละเอียด แบบหมุนทวนเข็มนาฬิกาไปให้สุด เพื่อป้องกันการเกิดไฟ Spark ในการใช้งานครั้งต่อไป

6) กดปุ่ม ON/OFF ปิดการใช้งาน



รูปที่ 3.4 การตั้งค่ากระแสไฟของเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าก่อนการใช้งาน

3.4.2.3 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital multimeters)

มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่รวมฟังก์ชันของเครื่องวัดหลาย ๆ ชนิดเข้าด้วยกัน เช่น โวลท์มิเตอร์ (Volt meter) แอมป์มิเตอร์ (Amp meter) และโอห์มมิเตอร์ (Ohm meter) เป็นต้น ทำให้สามารถใช้งานได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นแรงดันไฟฟ้า (Voltage) กระแสไฟฟ้า (Current) ความต้านทาน (Resistance) อุณหภูมิ (Temperature) วัดด้วยหัววัดอุณหภูมิ โดยในบางรุ่นสามารถวัดค่าความถี่ (Frequency) Diode หรือวัดความต่อเนื่องได้จากเครื่องมือวัดเพียงเครื่องเดียว สามารถเลือกไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) และแสดงค่าที่วัดได้ด้วยระบบดิจิตอล มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลที่ใช้ คือ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น CD772 ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจะต้องเข้าใจส่วนประกอบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของเครื่องมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ SUNWA รุ่น CD772

การทดสอบย่านการวัดเบื้องต้นของเครื่องมัลติมิเตอร์ SUNWA ใช้ในการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) มีการทดสอบเครื่องมัลติมิเตอร์ SUNWA แสดงดังรูปที่ 3.6

1) เสียบสายวัดมิเตอร์สีดำที่ขั้วลบ (- COM) และสายวัดสีแดงที่ขั้วบวก (+) เข้ากับมัลติมิเตอร์

2) ปรับมัลติมิเตอร์ให้เป็นโวลท์มิเตอร์ก่อน โดยหมุนสวิตช์บนตัวมิเตอร์ ไปที่ตำแหน่งการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) จากนั้นกดปุ่มเลือกความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง (DCV) ซึ่งหน้าจอแสดงสัญลักษณ์ ⎓ มีช่วงการวัด 0 – 1000 V

3) นำสายวัดมิเตอร์ไปต่อขนานหรือต่อคร่อมวงจร โดยให้หัววัดแตะกับจุดที่ต้องการวัด และต้องให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าทางขั้วบวก (+) ของมัลติมิเตอร์เสมอ ถ้าวัดสลับขั้วหน้าจอแสดงผลค่าตัวเลขจะติดลบ ต้องรีบเอาสายวัดมิเตอร์ออกจากวงจรทันที จากนั้นทำการสลับหัววัดให้ถูกต้อง

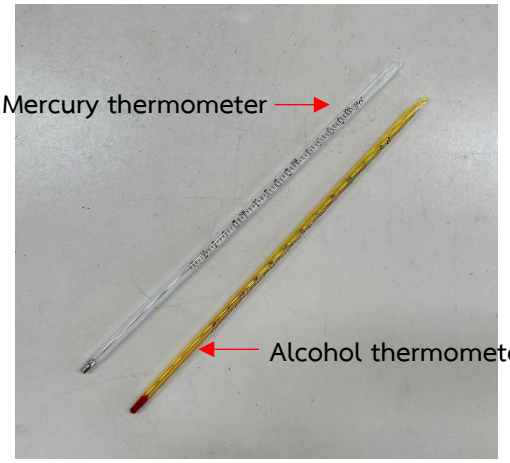
4) อ่านค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่แสดงบนหน้าจอ ที่อ่านได้ 16.20 V แสดงว่าถ่านไฟฉายนี้มีระดับแรงดันไฟฟ้าปกติ (แรงดัน ถ้าเกินกว่า 1.5 V คือค่าปกติ หากต่ำกว่านี้ควรนำถ่านไฟฉายไปชาร์จหรือเปลี่ยนถ่านก้อนใหม่)

5) หลังการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องปิด OFF สวิตช์ไฟฟ้าทุกครั้ง

รูปที่ 3.6 ทดสอบการตั้งย่านการวัดของเครื่องมัลติมิเตอร์ เพื่อวัดความต่างศักย์ก่อนการใช้งาน

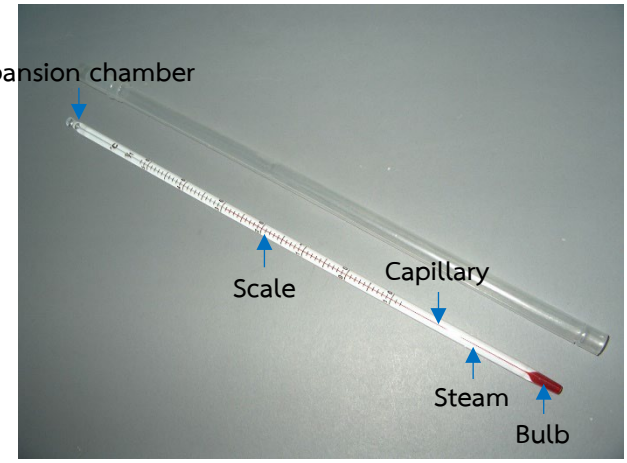
3.4.2.4 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลด้วยการขยายตัวหรือหดตัวของของเหลว เมื่อของเหลวได้รับความร้อนทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะขยายตัวและหดตัวลงเมื่ออุณหภูมิของเหลวลดลง เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ คือ เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว (Liquid in glass thermometer) มีของเหลวบรรจุอยู่ภายในหลอดแก้วปิด โดยของเหลวที่ใช้ต้องไม่เปลี่ยนสถานะในสภาวะการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนประกอบที่สำคัญของเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว แสดงดังรูปที่ 3.8 ประกอบด้วย



รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว

• Bulb คือ ส่วนกระเปาะแก้ว ภายในบรรจุของเหลวที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ของเหลวที่นิยมบรรจุภายในกระเปาะแก้ว ได้แก่ ปรอทหรือแอลกอฮอล์ โดยเลือกใช้ตามช่วงการวัดอุณหภูมิ ถ้าต้องการวัดอุณหภูมิในช่วงที่มีค่าต่ำ ควรเลือกใช้แอลกอฮอล์บรรจุภายในหลอดแก้ว เนื่องจากแอลกอฮอล์มีจุดเดือดต่ำ คือ 78.4 °C สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -115 °C ถึง 78 °C และมีราคาถูก สำหรับการใช้งานในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงควรเลือกใช้ปรอท เพราะปรอทมีจุดเดือดสูงถึง 356.7 °C สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -37 °C ถึง 356 °C ถ้าใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดเดือดของแอลกอฮอล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ทำให้เครื่องมือวัดเกิดความเสียหายได้

• Steam คือ ก้านแท่งแก้วปิด ภายในเป็นท่อเล็ก ๆ (Capillary) ให้ของเหลวขยายตัววิ่งเข้าไปเมื่อได้รับอุณหภูมิ

• Scale คือ ขีดแสดงอุณหภูมิที่ติดอยู่บน Steam บอกค่าอุณหภูมิ โดยดูจากระดับของเหลวที่อยู่ภายใน Capillary

• Expansion chamber เป็นส่วนขยายกว้างใน Capillary ด้านบนสุดของเทอร์โมมิเตอร์มีไว้ป้องกันไม่ให้เทอร์โมมิเตอร์แตก เมื่อวัดอุณหภูมิสูงเกินไป

การใช้งานเทอร์โมมิเตอร์ มีข้อปฏิบัติดังนี้

1) ใช้มือที่ถนัดจับส่วนปลายของเทอร์โมมิเตอร์ ด้านที่ไม่มีกระเปาะแก้ว
2) จับเทอร์โมมิเตอร์ตั้งตรงในแนวดิ่งและหันด้านที่มี Scale เข้าหาตัวเอง
3) ส่วนกระเปาะแก้วต้องไม่สัมผัสกับภาชนะที่บรรจุสารละลายที่ต้องการวัด
4) การอ่านอุณหภูมิ สายตาจะต้องอยู่ในระดับเดียวกับของเหลวที่อยู่ในเทอร์โมมิเตอร์
5) เมื่อใช้งานเสร็จ เช็ดทำความสะอาดแล้วเก็บใส่ปลอกพลาสติกให้เรียบร้อย

3.4.2.5 บารอมิเตอร์ (Barometer)

Barometer เป็นเครื่องตรวจวัดความดันบรรยากาศ เพื่อที่จะทราบและตรวจวัดหาค่าความกดดันที่เกิดจากแรงดันของมวลอากาศรอบ ๆ จะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสูงของจุดที่เราวัด ซึ่งค่าความดันบรรยากาศ 1 atm. คือค่าความดันบรรยากาศโดยเฉลี่ยที่วัดที่ระดับน้ำทะเล ความกดอากาศที่ความสูงระดับน้ำทะเลจะเท่ากับ 1 atm. (หนึ่งหน่วยบรรยากาศ) หรือ 101.325 kPa (กิโลปาสคาล) หรือ mmHg (มิลลิเมตรปรอท) โดยหลักการทำงานดังนี้

- อากาศมีความดันในทุกทิศทาง ความดันอากาศจะทำให้เกิดแรงดันที่สามารถผลักวัตถุต่าง ๆ เช่น น้ำ ปรอท หรือสปริง ทำให้ระดับของเหลวหรือเข็มชี้เคลื่อนที่ สามารถอ่านค่าได้โดยเปรียบเทียบกับสเกล หรือหน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลข
- การวัดความดันอากาศในแต่ละช่วงวัน จะพบว่า แต่ละวัน ความดันอากาศไม่เท่ากัน
- การวัดความดันอากาศในแต่ละระดับความสูงต่าง ๆ กัน จะพบว่า ยิ่งพื้นที่สูงจากพื้นโลกความดันอากาศยิ่งน้อยลง

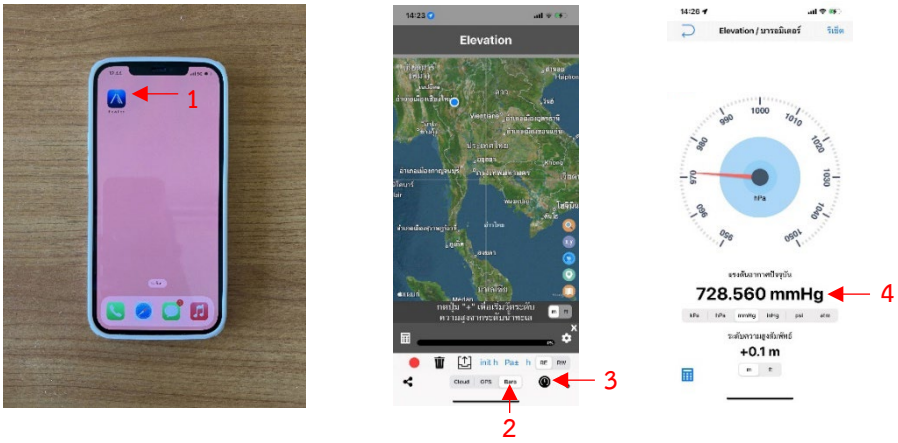
ในปัจจุบันการทดลองมีการใช้ Barometer สำหรับวัดความดันบรรยากาศ จะใช้ค่าความดันบรรยากาศผ่านแอปพลิเคชัน Elevation ใน App store สำหรับมือถือสมาร์ทโฟน มีวิธีการใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.9

1) เปิดหน้าจอสมาร์ทโฟน กดเลือกแอปพลิเคชัน Elevation

2) เลือกแถบ Baro

3) จากนั้นกดเลือกสัญลักษณ์

4) จอแสดงค่าความดันบรรยากาศ ณ ขณะที่ทำการทดลอง



รูปที่ 3.9 การใช้งานแอปพลิเคชัน Elevation สำหรับวัดความดันบรรยากาศ

3.4.2.6. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น ULE500

ตู้อบลมร้อน ประกอบด้วยฮีทเตอร์ (Heater) เป็นตัวสร้างความร้อน คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นตัวทำความเย็น และใช้พัดลมหมุนเวียนอากาศ ตู้อบลมร้อนที่ใช้ คือ MEMMERT รุ่น ULE500 แสดงดังรูปที่ 3.10 มีวิธีการใช้งานดังนี้

1) เปิดเครื่องโดยหมุนปุ่มเปิด POWER ไปที่ตำแหน่ง I อุณหภูมิภายในตู้จะปรากฏที่หน้าจอ

2) ทำการตั้งอุณหภูมิ โดยการกดปุ่ม SET ค้างไว้ แล้วหน้าจอแสดงอุณหภูมิครั้งสุดท้ายที่ตั้งไว้ ตัวเลขจะกระพริบ

3) ถ้าต้องการตั้งอุณหภูมิกด SET ค้างไว้ แล้วหมุนปุ่มสีดำเพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ

4) ถ้าต้องการตั้งค่าพัดลม

- หมุนปุ่มสีดำไปที่ FA 0 = ปิดพัดลม
- หมุนปุ่มสีดำไปที่ FA 1 = เปิดพัดลม

จากนั้นกด SET ค้างไว้และหมุนปรับ 1 ครั้งเพื่อเพิ่มหรือลดแรงพัดลม)

5) ถ้าต้องการตั้งเวลา

- หมุนปุ่ม POWER ไปที่ตำแหน่ง ◷ ตั้งอุณหภูมิตามข้อ 3
- ตั้ง h delay โดยกด SET ค้างไว้และหมุนปุ่มสีดำปรับเวลาตามที่ต้องการ
- ตั้ง h hold โดยกด SET ค้างไว้และหมุนปุ่มสีดำปรับเวลาตามที่ต้องการ
- เมื่อจบการทำงานเครื่องแสดงหน้าจอ END

6) หน้าจอแสดงอุณหภูมิที่เป็นปัจจุบัน จากนั้นเครื่องจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อตั้งค่าเสร็จ

7) เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที เพื่ออุ่นเครื่อง และเพื่อปรับอุณหภูมิภายในตามที่ตั้งไว้

8) หมุนปุ่ม POWER ไปที่ตำแหน่ง 0 ถอดปลั๊กออกหลังจากใช้เครื่องเสร็จแล้ว

รูปที่ 3.10 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น ULE500

3.4.2.7 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

อ่างควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วยแท่งกำเนิดความร้อน หรือ Heater ซึ่งเป็นตัวนำและกระจายความร้อนให้กับน้ำในอ่าง และเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ โดยมีระบบหมุนเวียนของน้ำที่สม่ำเสมอ อ่างควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ คือ ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น WE22 แสดงดังรูปที่ 3.11 ก่อนที่จะให้นักศึกษาใช้งานอ่างควบคุมอุณหภูมิในการทดลอง ผู้ปฏิบัติงานจะต้องดำเนินการดังนี้

1) ก่อนใช้งาน เติมน้ำกลั่นให้ระดับน้ำอยู่ระหว่างตำแหน่ง “Max” และ “Min”

2) เสียบปลั๊ก เปิดเครื่องโดยกดสวิตช์ ON/OFF หน้าจอจะแสดงอุณหภูมิภายในตัวเครื่อง ณ ปัจจุบัน เมื่อกดปุ่ม SET หน้าจอจะแสดงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ล่าสุด

3) ตั้งอุณหภูมิตามที่ต้องการได้ตั้งแต่ 5 °C เหนืออุณหภูมิห้องถึง 99 °C โดยกดปุ่ม SET ค้างไว้ แล้วหมุนปุ่มสีดำเพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิได้ครั้งละ 0.1 °C ตัวเลขแสดงอุณหภูมิจะปรากฏที่หน้าจอ

4) จากนั้นเครื่องจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อตั้งค่าเสร็จ

5) เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที เพื่ออุ่นเครื่องและเพื่อปรับอุณหภูมิภายในอ่างตามที่ตั้งไว้

6) ถ้าต้องการใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานาน ให้สังเกตระดับน้ำ และเติมน้ำให้ได้ระดับระหว่างตำแหน่ง “Max” และ “Min”

7) กดปุ่ม ON/OFF เมื่อใช้งานเสร็จแล้วทุกครั้ง

8) หมั่นตรวจสอบความสะอาดของน้ำ และเปลี่ยนน้ำภายในอ่างน้ำเมื่อพบว่าน้ำเริ่มสกปรก

รูปที่ 3.11 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น WB22

3.4.3 งานเตรียมวัสดุที่ใช้ในบทปฏิบัติการ

การทดลองในห้องปฏิบัติการทางเคมี เป็นงานเฉพาะทางที่มีความหลากหลายของวัสดุที่ใช้ในบทปฏิบัติการ เช่น ฉลากสารเคมี กระดาษแผนผังวิธีการทดลอง กระดาษกรอง กระดาษโครมาโทกราฟี และกระดาษลิตมัส ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องมีความเข้าใจและความชำนาญในการเตรียมวัสดุให้ถูกต้องตามความต้องการที่ใช้งาน เพื่อลดความสิ้นเปลือง และความผิดพลาดในการอ่านผลการทดลอง โดยผู้ปฏิบัติงานขอยกตัวอย่างการเตรียมกระดาษแผนผังวิธีการทดลอง และวิธีใช้งาน สำหรับการทดลองเรื่องสมดุลเคมี แสดงดังรูปที่ 3.12

Reagent Ion	NaOH	NH_4SCN	$AgNO_3$	$K_3[Fe(CN)_6]$	น้ำแป้ง
Fe^{3+}	●	●	●	●	●
I^-	●	●	●	●	●
Fe^{2+}	●	●	●	●	●
$Fe^{3+} + I^-$	●	●	●	●	●

รูปที่ 3.12 แผนภาพตำแหน่งการทดสอบไอออนบรรจุในซองพลาสติก

หมายเหตุ จุด ● คือ บริเวณที่นักศึกษาต้องหยดสารละลายที่อยู่ในแนวนอนและแนวตั้ง แล้วใช้ไม้จิ้มฟันคนสารละลายให้เข้ากัน และบันทึกผลการทดลองที่ได้

3.4.4 งานเตรียมสารละลาย

ในการเตรียมปฏิบัติการนั้น การเตรียมสารละลายต่าง ๆ ที่มีความเข้มข้นอย่างถูกต้องและมีปริมาณเหมาะสมกับการใช้งาน เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยให้ผลการทดลองมีความผิดพลาดน้อยที่สุด และปริมาณของสารละลายที่พอดีกับการใช้งาน จะช่วยให้ประหยัดสารเคมีได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจะต้องเข้าใจการคำนวณเกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย ดังนี้

1) สารเคมีที่เป็นของแข็ง

สารเคมีที่เป็นของแข็งจะหาปริมาณโดยการชั่ง ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาน้ำหนักของสารที่จะใช้ในการเตรียมสารละลายที่มีปริมาตรต่าง ๆ ตามต้องการ โดยมีหลักการคำนวณดังแสดงจาก**ตัวอย่างการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2.5 M ปริมาตร 250 mL** มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีมวลโมเลกุล (MW) = 40.00 g/mol

มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 97%

สารละลาย 1,000 mL มีเนื้อสาร NaOH = 2.5 mol

$$\text{สารละลาย } 250 \text{ mL มีเนื้อสาร NaOH} = \frac{2.5 \text{ mol} \times 250 \text{ mL}}{1{,}000 \text{ mL}} = 0.625 \text{ mol}$$

สาร NaOH 1 mol หนัก = 40 g

$$\text{สาร NaOH } 0.625 \text{ mol หนัก} = \frac{40 \text{ g} \times 0.625 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 25 \text{ g}$$

สาร NaOH 97 g มาจากการชั่งสาร NaOH = 100 g

$$\text{สาร NaOH } 25 \text{ g มาจากการชั่งสาร NaOH} = \frac{100 \text{ g} \times 25 \text{ g}}{97 \text{ g}} = 25.77 \text{ g}$$

ดังนั้นต้องชั่ง NaOH จำนวน 25.77 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 250 mL

หมายเหตุ สามารถคำนวณหาน้ำหนักสาร (g) โดยใช้สูตร $g = \frac{MM'V'}{10p}$

เมื่อ M = มวลโมเลกุล M' = ความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ที่ต้องการเตรียม

V' = ปริมาตรที่ต้องการเตรียม p = %Assay

$$\text{เมื่อใช้สูตรดังกล่าวคำนวณหาน้ำหนัก NaOH ที่ต้องชั่ง} = \frac{40 \text{ g/mol} \times 2.5 \text{ mol/L} \times 250 \text{ mL}}{10 \times 97 \text{ g/g}}$$

$$= 25.77 \text{ g}$$

2) สารเคมีที่เป็นของเหลว

การคำนวณเพื่อหาปริมาตรของสารที่เป็นของเหลว เพื่อใช้สำหรับการเตรียมสารละลายตัวอย่าง เช่น กรดหรือเบสที่อยู่ในขวดสารละลายเข้มข้นนั้น ต้องอาศัยค่าของมวลโมเลกุล ความหนาแน่น (Density) และความบริสุทธิ์ (%Assay) มาประกอบการคำนวณด้วย โดยมีหลักการคำนวณดังแสดงจาก **ตัวอย่างการเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 500 mL** มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) มีมวลโมเลกุล (MW) = 98.08 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.84 g/cm^3

มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

สารละลาย 1,000 mL มีเนื้อสาร H_2SO_4 = 1 mol

สารละลาย 500 mL มีเนื้อสาร H_2SO_4 = $\frac{1\ \text{mol} \times 500\ \text{mL}}{1{,}000\ \text{mL}}$ = 0.5 mol

สาร H_2SO_4 1 mol หนัก = 98.08 g

สาร H_2SO_4 0.5 mol หนัก = $\frac{98.08\ \text{g} \times 0.5\ \text{mol}}{1\ \text{mol}}$ = 49.04 g

สาร H_2SO_4 1.84 g มาจากการตวงสาร H_2SO_4 = 1 mL

สาร H_2SO_4 49.04 g มาจากการตวงสาร H_2SO_4 = $\frac{1\ \text{mL} \times 49.04\ \text{g}}{1.84\ \text{g}}$ = 26.65 mL

สาร H_2SO_4 98.0 mL มาจากการตวงสาร H_2SO_4 = 100 mL

สาร H_2SO_4 26.65 mL มาจากการตวงสาร H_2SO_4 = $\frac{100\ \text{mL} \times 26.65\ \text{mL}}{98.0\ \text{mL}}$

= 27.19 mL

ดังนั้นต้องปิเปตต์ H_2SO_4 จำนวน 27.19 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 500 mL

หมายเหตุ สามารถคำนวณหาปริมาตรของเหลว (V) โดยใช้สูตร $V = \frac{MM'V'}{10pd}$

เมื่อ M = มวลโมเลกุล M' = ความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์ที่ต้องการเตรียม

V' = ปริมาตรที่ต้องการเตรียม p = %Assay d = ความหนาแน่น

เมื่อใช้สูตรดังกล่าวคำนวณหาปริมาตร H_2SO_4 ที่ต้องปิเปตต์ = $\frac{98.08\ \text{g/mol} \times 1\ \text{mol/L} \times 500\ \text{mL}}{10 \times 98\ \text{mL/mL} \times 1.84\ \text{g/mL}}$

= 27.19 mL

3) การเตรียมสารละลายหน่วยร้อยละ

ร้อยละ (Percentage, %) คือ อัตราส่วนของตัวละลายต่อสารละลาย 100 ส่วน ซึ่งในการคำนวณการเตรียมสารละลายหน่วยร้อยละต้องพิจารณาจากชนิดของหน่วยร้อยละ เช่น %w/w, %w/v และ %v/v ดังนี้

- ร้อยละโดยมวล (%w/w) คือ น้ำหนัก (g) ของตัวละลายในสารละลาย 100 g เช่น 35 %w/w NaCl หมายความว่า สารละลาย 100 g จะมี NaCl อยู่ 35 g
- ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) คือ น้ำหนัก (g) ของตัวละลายในสารละลาย 100 mL เช่น 5 %w/v NaCl หมายความว่า สารละลาย 100 mL จะมี NaCl ละลายอยู่ 5 g
- ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) คือ ปริมาตร (mL) ของตัวละลายในสารละลาย 100 mL เช่น 10 %v/v C_2H_5OH (เอทานอล) ในน้ำ หมายความว่า สารละลาย 100 mL จะมี C_2H_5OH ละลายอยู่ 10 mL

4) การเจือจางสารละลาย (Dilution)

การเจือจางสารละลาย คือ การเตรียมสารละลายที่มีอยู่ให้มีความเข้มข้นลดลงกว่าเดิม เป็นความเข้มข้นใหม่ที่ต้องการ โดยเติมตัวทำละลายลงไป ปริมาตรของตัวทำละลายที่เติมจะใช้เท่าไหร่ ขึ้นอยู่กับปริมาตรและความเข้มข้นของสารละลายเดิม ประกอบด้วยวิธีการเตรียมดังนี้

- การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเดิมโดยไม่ระบุปริมาตร มีการคำนวณดังแสดงจาก

ตัวอย่างการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 M โดยเติม น้ำกลั่นลงไปในสารละลาย NaOH ตั้งต้น ความเข้มข้น 0.3 M ปริมาตร 500 mL

หาจำนวนโมลของ NaOH ในสารละลายเดิม NaOH เดิม (0.3 M ปริมาตร 500 mL)

สารละลาย 1,000 mL มีเนื้อสาร NaOH = 0.3 mol

สารละลาย 500 mL มีเนื้อสาร NaOH $= \dfrac{0.3\ \text{mol} \times 500\ \text{mL}}{1{,}000\ \text{mL}}$

$= 0.15$ mol

แต่ต้องการเตรียมให้เป็นสารละลาย NaOH ใหม่ ที่มีความเข้มข้น 0.1 M

สาร NaOH 0.1 mol มีอยู่ในสารละลาย = 1000 mL

สาร NaOH 0.15 mol มีอยู่ในสารละลาย $= \dfrac{1000\ \text{mL} \times 0.15\ \text{mol}}{0.1\ \text{mol}}$

$= 1500$ mL

ดังนั้นต้องทำให้สารละลายมีปริมาตร 1500 mL โดยเติมน้ำกลั่นจำนวน 1500 – 500 = 1000 mL ลงไปในสารละลายเดิม

• การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเดิมโดยระบุปริมาตร มีการคำนวณดังแสดงจาก

ตัวอย่างการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.3 M ปริมาตร 500 mL จากสารละลาย NaOH ตั้งต้น ความเข้มข้น 3 M

หาจำนวนโมลของ NaOH ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.3 M ปริมาตร 500 mL

สารละลาย 1,000 mL มีเนื้อสาร NaOH = 0.3 mol

สารละลาย 500 mL มีเนื้อสาร NaOH $= \frac{0.3 \text{ mol} \times 500 \text{ mL}}{1{,}000 \text{ mL}}$

$= 0.15$ mol

แต่ต้องการเตรียมให้เป็นสารละลาย NaOH ใหม่ จากสารละลาย NaOH ตั้งต้น ความเข้มข้น 3 M

สาร NaOH ตั้งต้น 3 mol มีอยู่ในสารละลาย = 1000 mL

ถ้าสาร NaOH ตั้งต้น 0.15 mol มีอยู่ในสารละลาย $= \frac{500 \text{ mL} \times 0.15 \text{ mol}}{3 \text{ mol}}$

$= 50$ mL

ดังนั้นต้องปิเปตต์สารละลาย NaOH ตั้งต้น ความเข้มข้น 3 M มา 50 mL ใส่ลงในขวดปริมาตร 500 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ

หมายเหตุ การเจือจางสารละลายสามารถคำนวณ โดยใช้สูตร $C_1V_1 = C_2V_2$ หรือ $M_1V_1 = M_2V_2$

เมื่อ C_1 หรือ M_1 = ความเข้มข้นของสารละลายที่ 1

C_2 หรือ M_2 = ความเข้มข้นของสารละลายที่ 2

V_1 = ปริมาตรสารละลายที่ 1

V_2 = ปริมาตรสารละลายที่ 2

3.4.5 งานเตรียมความพร้อม สถานที่ และสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการ ผู้ปฏิบัติงานต้องดำเนินการอย่างเช่น งานโสตทัศนูปกรณ์ ชุดตะกร้าการทดลอง ชุดอุปกรณ์ เครื่องมือ รวมถึงสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง เพื่ออำนวยความสะดวกและความเป็นระเบียบในการใช้ห้องปฏิบัติการเคมี แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 การจัดเตรียมห้องปฏิบัติการสำหรับการทดลอง

3.5 ทดสอบก่อนปฏิบัติการทดลอง (Pre – experimental testing)

ก่อนมีการนำสารละลายที่เตรียมได้มาใช้ในการทดลอง ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการทดสอบก่อนปฏิบัติการให้กับอาจารย์ผู้สอนนำไปเป็นตัวอย่างในการทดลอง เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและทำให้กระบวนการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของรายวิชาปฏิบัติ สำหรับรายวิชาปฏิบัติการหลักเคมี มีการทดลองที่ต้องทำการทดสอบก่อนปฏิบัติการ เช่น การทดลองเรื่องการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์, การทดลองเรื่องสมดุลเคมี, การทดลองเรื่องการไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์, การทดลองเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา, การทดลองเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเบื้องต้น และการทดลองเรื่องสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานขอยกตัวอย่างการทดสอบก่อนปฏิบัติการ คือ ทดสอบการทดลองเรื่องการไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์ ตามขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1) จัดชุดการทดลอง ประกอบด้วยสารเคมี เช่น Phenolphthalein, Methyl orange และ Bromothymol blue, โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (KHP) ที่อบแล้ว, สารละลาย 0.1 M NaOH สารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง, สารละลาย Unknown 1, สารละลาย Unknown 2 และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น บิวเรตต์ ขนาด 50 mL, ปิเปตต์ ขนาด 25 mL, ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL, บีกเกอร์ ขนาด 50 mL 100 mL และ 250 mL, ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 mL, หลอดทดลองพร้อมที่ใส่หลอดทดลอง, ขวดน้ำกลั่น, กรวยพลาสติก, หลอดหยด, แท่งแก้วคน และลูกยางปิเปตต์ แสดงดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 ชุดทดสอบก่อนปฏิบัติการ เรื่องการไทเทรตกรด-เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น

2) ชั่ง KHP ให้ได้น้ำหนักในช่วง 2.0 – 2.1 g บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้ = 2.0028 g จากนั้นเท KHP ผ่านกรวยพลาสติกลงในขวดปริมาตร ขนาด 100 mL ฉีดน้ำกลั่นผ่านกรวยพลาสติกเพื่อชะล้าง KHP ลงในขวดจนหมด เติมน้ำกลั่นลงไป 3 ส่วน 4 ของขวด ปิดปากขวดแล้วเขย่าจน KHP ละลายหมด และปรับปริมาตรจนครบ 100 mL คำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ KHP มีมวลโมเลกุล (MW) = 204.22 g/mol สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักที่ชั่ง (g) และปริมาตรที่เตรียม 100 mL จากสูตร

$$M = \frac{\text{น้ำหนักที่ชั่ง (g)}}{\text{มวลโมเลกุล g/mol}} \times \frac{1000\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$$

$$= \frac{2.0028\ \text{g}}{204.22\ \text{g/mol}} \times \frac{1000\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$$

$$= 0.0981\ \text{mol}$$

3) เติมสารละลาย 0.1 M NaOH ลงในบิวเรตต์จนถึงขีดปริมาตรที่ศูนย์

4) ปิเปตต์สารละลาย KHP ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL 3 ใบ ๆ ละ 25 mL หยด Phenolphthalein ลงไป 2 – 3 หยด

5) ทำการไทเทรต โดยปล่อยสารละลาย NaOH จากบิวเรตต์ลงในขวดรูปชมพู่จนสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน ๆ ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลาย KHP

ครั้งที่	ปริมาตร สารละลาย KHP (mL)	ปริมาตรของสารละลาย NaOH (mL)		
		ขีดปริมาตรเริ่มต้น	ขีดปริมาตรสุดท้าย	ปริมาตรที่ใช้
1	25.00	0.00	22.90	22.90
2	25.00	22.90	45.80	22.90
3	25.00	0.00	23.00	23.00
			เฉลี่ย	22.93

คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เมื่อทำการไทเทรตสารละลาย KHP ปริมาตร 25.00 mL ด้วยสารละลาย NaOH พบว่าปริมาตรเฉลี่ยของสารละลาย NaOH ที่ใช้เท่ากับ 22.93 mL แสดงดังรูปที่ 3.15 สามารถคำนวณได้จากปฏิกิริยาระหว่าง KHP และ NaOH ดังนี้

$$KHC_8H_4O_{4\,(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow KNaC_8H_4O_{4\,(aq)} + H_2O_{(l)}$$

จาก $\text{mol } H_3O^+ = \text{mol } OH^-$ (ทำปฏิกิริยากันพอดี 1 : 1)

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

เมื่อ M_1 คือ ความเข้มข้นของ KHP เข้มข้น 0.0981 M

V_1 คือ ปิเปตต์สารละลาย KHP 25.00 mL

M_2 คือ ความเข้มข้น NaOH ที่ต้องการ

V_2 คือ ปริมาตร NaOH ที่จุดยุติใช้ปริมาตร 22.93 mL

แทนค่า $0.0981\ \text{M} \times 25.00\ \text{mL} = M_2 \times 22.93\ \text{mL}$

$$M_2 = \frac{0.0981\ \text{M} \times 25.00\ \text{mL}}{22.93\ \text{mL}} = 0.1069\ \text{M}$$

รูปที่ 3.15 สีของสารละลาย KHP ที่จุดยุติ

6) ปิเปตต์สารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL 3 ใบ ๆ ละ 25 mL หยด Phenolphthalein ลงไป 2 – 3 หยด

7) ทำการไทเทรต โดยปล่อยสารละลาย NaOH จากบิวเรตต์ลงในขวดรูปชมพู่จนสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน ๆ ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง

ครั้งที่	ปริมาตรสารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง (mL)	ปริมาตรของสารละลาย NaOH (mL)		
		ขีดปริมาตรเริ่มต้น	ขีดปริมาตรสุดท้าย	ปริมาตรที่ใช้
1	25.00	0.00	25.70	25.70
2	25.00	0.00	25.60	25.60
3	25.00	0.00	25.80	25.80
			เฉลี่ย	25.70

คำนวณความเข้มข้นของสารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง เมื่อทำการไทเทรตสารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง ปริมาตร 25.00 mL ด้วยสารละลาย NaOH พบว่าปริมาตรเฉลี่ยของสารละลาย NaOH ที่ใช้เท่ากับ 25.70 mL แสดงดังรูปที่ 3.16 สามารถคำนวณได้จากปฏิกิริยาระหว่าง CH_3COOH และ NaOH ดังนี้

$$CH_3COOH_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

จาก $\quad mol\ OH^- = mol\ H_3O^+$ (ทำปฏิกิริยากันพอดี 1 : 1)

$\quad M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

เมื่อ M_1 คือ ความเข้มข้นของ NaOH เข้มข้น 0.1069 M

V_1 คือ ปริมาตร NaOH ที่จุดยุติใช้ปริมาตร 25.70 mL

M_2 คือ ความเข้มข้น CH_3COOH ที่ต้องการ

V_2 คือ ปิเปตต์สารละลาย CH_3COOH 25.00 mL

แทนค่า $0.1069\ M \times 25.70\ mL = M_2 \times 25.00\ mL$

$$M_2 = \frac{0.1069\ M \times 25.70\ mL}{25.00\ mL}$$

$$= 0.1098\ M$$

รูปที่ 3.16 สีของสารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่างที่จุดยุติ

8) ทำการทดลองหาช่วง pH ของสารละลาย Unknown โดยแบ่งสารละลาย Unknown 1 ใส่ในหลอดทดลอง 3 หลอด ๆ ละ 1 mL แล้วนำมาหยดอินดิเคเตอร์ ดังนี้

- หลอดที่ 1 หยด Phenolphthalein
- หลอดที่ 2 หยด Methyl orange
- หลอดที่ 3 หยด Bromothymol blue
- ทำการทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนจาก Unknown 1 เป็น Unknown 2 บันทึกช่วง pH ของสารละลาย Unknown แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ผลการหาช่วง pH ของสารละลาย Unknown โดยใช้อินดิเคเตอร์

อินดิเคเตอร์	Unknown 1		Unknown 2	
	สีของสารละลาย	pH	สีของสารละลาย	pH
Phenolphthalein	สีชมพู	8.0 - 9.8	ไม่มีสี	< 8.0
Methyl orange	สีเหลือง	3.1 - 4.4	สีแดง	< 3.1
Bromothymol blue	สีฟ้า	6.0 - 7.6	สีเหลือง	< 6.0
ช่วง pH ของสารละลาย	4.4 – 9.8 เป็นสารละลายเบส		3.1 – 6.0 เป็นสารละลายกรด	

รูปที่ 3.17 สีของสารละลาย Unknown โดยใช้อินดิเคเตอร์

การเลือกอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตระหว่างกรด – เบสนั้น จะต้องเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละชนิดของปฏิกิริยา คือ ต้องให้ช่วง pH ของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับ pH ของจุดสมมูลมากที่สุด เช่น การไทเทรตกรดอ่อนกับเบสแก่ สารละลายของเกลือที่เกิดขึ้นที่จุดสมมูลมีค่า pH ประมาณ 9 – 10 ดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่ควรเลือกใช้ คือ Phenolphthalein ซึ่งมีการเปลี่ยนสีในช่วง pH 8.0 – 9.8

เงื่อนไขจากการทดลอง Test Lab

• ถ้าผลการทดลอง ทดสอบ ☑ ถูกต้องเป็นไปตามทฤษฎีแล้วนั้น ให้ดำเนินการเตรียมสารละลายในปริมาณที่พอใช้กับการทดลองของนักศึกษาในทุก Section

• ถ้าผลการทดลอง ทดสอบ ☒ ไม่ถูกต้องตามทฤษฎี ให้ทำการทดลองนั้นซ้ำอีกครั้ง ทำการเตรียมสารละลายใหม่ และทำการทดสอบใหม่ หรือถ้าไม่สามารถทำการทดลองได้ ให้ดำเนินการแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน

3.6 ตรวจสภาพอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ หลังการใช้งาน

เมื่อการทดลองดำเนินการเสร็จแล้ว ผู้ปฏิบัติงานจะต้องตรวจสภาพอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือทุกครั้งหลังการใช้งาน เพื่อความสะดวกในการจัดเตรียมปฏิบัติการครั้งต่อไป ดังขั้นตอนตัวอย่างการตรวจสอบเครื่องมือเบื้องต้นหลังการใช้งานบางชนิด ดังนี้

• ทำการตรวจดูส่วนประกอบสำคัญภายนอกของเครื่องมือ และชุดอุปกรณ์ว่าอยู่สภาพเดิมหรือไม่

• ทำการปรับเครื่องมือไปที่ค่าเริ่มต้น หรือปรับไปที่ตำแหน่ง OFF กรณีเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในด้านการวัดหรือกำเนิดกระแสไฟต่าง ๆ เพื่อป้องกันการลัดวงจรที่ก่อให้เกิดความเสียหาย

• ช่องเสียบสายวัดขั้วของเครื่องมือ มีสภาพหลุดหลวมหรือไม่ หากมีการหลุดหลวมหรือขาด ให้ทำการแก้ไขให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานครั้งต่อไป

• ตรวจดูสภาพของสายวัดเครื่องมือ หรือสายไฟที่ใช้งานกับเครื่องมือมีการชำรุดขาดหรือไม่

• เครื่องมือบางชนิดจะมีถ่านหรือแบตเตอรี่สำรอง เมื่อไม่ได้ใช้งานแล้ว ให้ทำการถอดถ่านหรือแบตเตอรี่ออก แล้วเก็บไว้ในกล่องเครื่องมือให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของถ่านที่ทำให้เกิดสนิมเกาะขั้ววงจร ซึ่งจะทำให้เครื่องมือเกิดความเสียหาย

• ทำการตรวจสอบชุดการทดลอง โต๊ะทดลอง ปิดระบบไฟฟ้า พัดลม รวมทั้งโสตทัศนูปกรณ์อื่น ๆ ภายในห้องปฏิบัติการ แล้วแจ้งแม่บ้านให้ทำความสะอาดและทำการปิดห้องเรียนปฏิบัติการ

3.7 การจัดเก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือและสารเคมี เข้าที่เก็บ

หลังจากมีการตรวจสอบอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ หลังการใช้งานแล้ว จำเป็นต้องมีการจัดแยกออกเป็นหมวดหมู่ให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันอันตรายและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงมีแนวทางการจัดเก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเครื่องมือ ดังนี้

• ทำความสะอาดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และเครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการทุกครั้งหลังการใช้งาน เพื่อยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้นก่อนการจัดเก็บ

• จัดประเภทของอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ แล้วทำการนำเข้าสู่ตู้เก็บให้เรียบร้อยตามตำแหน่งที่ได้จัดเตรียมไว้เป็นหมวดหมู่ โดยทำป้ายชื่ออุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือ กำกับให้ชัดเจน เพื่อให้ง่ายและรวดเร็วในการจัดเตรียมครั้งต่อไป แสดงดังรูปที่ 3.18 และรูปที่ 3.19 ตัวอย่างการแยกประเภทของอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่แยกออกเป็นหมวดหมู่เข้าที่เก็บ

รูปที่ 3.18 การจัดเก็บอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ในตู้และชั้นเก็บอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเคมี

รูปที่ 3.19 การเก็บเครื่องมือในตู้และชั้นเก็บเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเคมี

3.8 การจัดการของเสีย (Waste) จากห้องปฏิบัติการ

ในกระบวนวิชาปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM1111) มีการใช้สารเคมี เครื่องมือ เครื่องแก้ว วัสดุและอุปกรณ์สิ้นเปลืองต่าง ๆ เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ทำให้เกิดของเสียที่เป็นอันตรายหลายประเภท เช่น สารเคมีที่มีไอระเหยเป็นพิษ สารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อน สารเคมีที่ติดไฟได้ง่าย สารละลายที่เหลือใช้ เศษแก้วที่แตก กระดาษกรองที่ใช้แล้ว เป็นต้น ของเสียเหล่านี้จำเป็นต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อนักศึกษา ผู้ปฏิบัติงาน และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานขอยกตัวอย่างการจัดการของเสียจากรายวิชาปฏิบัติการหลักเคมี โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

3.8.1 การจัดการข้อมูลของเสียอันตราย

ของเสียจากห้องปฏิบัติการ จะมีระบบบันทึกข้อมูล เพื่อใช้ในการเก็บและติดตามการเคลื่อนไหวของเสียอันตรายทั้งหมด ทั้งในรูปแบบเอกสารและอิเล็กทรอนิกส์ โดยระบบบันทึกข้มูลของเสียประกอบด้วย ผู้รับผิดชอบ, รหัสภาชนะบรรจุ (Bottle ID), ประเภทของเสีย, ปริมาณของเสีย (Waste volume/weight), วันที่บันทึกข้อมูล (Input date), ห้องที่จัดเก็บของเสีย (Storage room) และอาคารจัดเก็บของเสีย (Storage building) ตัวอย่างระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายแบบอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายแบบอิเล็กทรอนิกส์

วันที่/ผู้รับผิดชอบ	NO.	ชื่อสารเคมี	ประเภทของเสีย					สถานะของเสีย		ภาชนะ	ปริมาณของเสีย	
			ไวไฟ	ออกซิไดซ์	กรด	เบส	อื่น ๆ (ระบุ)	ของแข็ง	ของเหลว	บรรจุ	ของแข็ง (kg)	ของเหลว (mL)
9 ตุลาคม 2566 ลักษณ์นารา คำรศ โทร: 087-9995540	1.	ทองแดง (Cu)					โลหะหนัก	/		ขวดพลาสติก PE	0.02	
	2.	HCl			/				/	ขวดสีชา		500
	3.	NaOH				/			/	ขวดสีชา		250

3.8.2 แนวทางเบื้องต้นในการลดของเสีย

ของเสียจากห้องปฏิบัติการจำเป็นจะต้องได้รับการจัดการที่เหมาะสม แต่วิธีการกำจัดของเสียที่ดีที่สุดย่อมเป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ คือ การควบคุมปริมาณการก่อของเสียให้มีน้อยลง หรือป้องกันไม่ให้เกิดของเสียที่ไม่จำเป็นตั้งแต่แรก โดยใช้หลักการเดียวกับการจัดการขยะทั่วไป คือ การลด (Reduce), การใช้ซ้ำ (Reuse), และการใช้หมุนเวียน (Recycle) หรือที่เรียกว่า “หลัก 3 R” (คณะกรรมการดำเนินงานการจัดการความรู้, 2562) มีตัวอย่างดังต่อไปนี้

Reduce เป็นการตั้งใจใช้สารเคมีหรือวัสดุสิ้นเปลืองต่าง ๆ ให้น้อยลงตั้งแต่ต้น เช่น

- การสาธิตการทดลองให้นักศึกษาดูเพียงชุดเดียว
- การหยิบใช้วัสดุอุปกรณ์ หรือเทสารเคมีออกมาจากขวดเท่าที่จำเป็น
- ควบคุมการเบิกใช้สารเคมีของนักศึกษา โดยเจ้าหน้าที่หรือผู้ปฏิบัติงานแบ่งสารเคมีให้เท่าที่จำเป็น
- เตรียมสารเคมีเพื่อใช้ร่วมกันได้ โดยไม่ต้องเตรียมแยกกันทุกกลุ่มจนกระทั่งมีสารเคมีเหลือใช้เกินความจำเป็น
- ลดการใช้กระดาษ โดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์แทน

Reuse เป็นการนำของเสียกลับมาใช้ในสภาพเดิม เช่น

- ขวดบรรจุสารเคมีที่หมดแล้ว สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ ทั้งการบรรจุสารเดิม หรือนำมาล้างเพื่อใช้เป็นภาชนะเก็บของเสียอื่น ๆ
- วัสดุอุปกรณ์หลายชนิดในห้องปฏิบัติการ แม้ว่าตามหลักการจะให้ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง แต่ในกระบวนการวิชาปฏิบัติการซึ่งเป็นการเรียนการสอน สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ตามความเหมาะสม
- ตัวทำละลายที่เทออกมาแล้วเหลือใช้ เช่น อะซิโตน สามารถนำมาใช้ล้างเครื่องแก้วได้
- สารเคมีที่เสื่อมสภาพแล้ว แม้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่แน่นอนไม่ได้ แต่อาจนำมาใช้ในการทดลองประเภทอื่นได้ เช่น การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) ที่ไม่ต้องการความเข้มข้นที่แน่นอน

Recycle เป็นการนำของเสียมาผ่านขั้นตอนปรับสภาพ เพื่อนำกลับมาใช้หมุนเวียนอีกครั้ง เช่น

- ตัวทำละลายใช้แล้วที่มีปริมาณมาก ๆ แต่ค่อนข้างบริสุทธิ์ สามารถนำมากลั่นลำดับส่วนเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีก
- สารเคมีเก่าเก็บที่อาจดูเหมือนเสื่อมสภาพแล้ว หรือสารเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการทดลองนำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ด้วยวิธีการที่เหมาะสม ทั้งนี้อาจต้องปรึกษาอาจารย์ภาควิชาเคมีหรือค้นหาจากเอกสารอ้างอิง เช่น การจัดการสารเหลือทิ้งที่มีทองแดงเจือปน เพื่อเตรียมเป็นสารเคมีสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ เป็นการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ทำให้สารเหลือทิ้งจากห้องปฏิบัติการลดลง เป็นต้น

นอกจากหลัก 3 R ดังกล่าวแล้ว ห้องปฏิบัติการหรือกระบวนวิชาปฏิบัติการมีการเพิ่มมาตรการในการเลิกใช้อุปกรณ์หรือสารเคมีที่มีพิษรุนแรง เช่น การเลิกใช้ตัวทำละลายประเภทสารประกอบที่มีคลอรีน การเลือกใช้ตัวออกซิไดซ์ที่มีความรุนแรงลดลง และการยกเลิกการใช้อุปกรณ์ที่มีสารปรอท เป็นต้น เพื่อสร้างแนวทางในการลดปริมาณของเสียต่าง ๆ ให้มีความจำเพาะเจาะจงกับการทดลองและรูปแบบของการทดลองด้วย

3.8.3 การจำแนกประเภทของเสียจากห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอน มีการทดลองที่หลากหลายเปลี่ยนแปลงไปทุกสัปดาห์ตามวัตถุประสงค์ของกระบวนวิชาปฏิบัติการ ทำให้ของเสียที่เกิดขึ้นมีหลายประเภทตามไปด้วย การจัดการของเสียอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องเริ่มต้นจากการจำแนกของเสียและติดฉลากบนภาชนะของเสีย เพื่อให้ข้อมูลของของเสีย หลักสำคัญของการแยกเก็บของเสีย คือ การพิจารณาความเป็นอันตราย ความเข้ากันไม่ได้ และวิธีการกำจัดหรือบำบัด ในเบื้องต้นผู้ปฏิบัติงานเริ่มจากการแยกประเภทของเสียตามหลัก WasteTrack จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ธีรยุทธ วิไลวัลย์, 2560) ได้จัดของเสียจากห้องปฏิบัติการเป็นของเสียอันตราย 15 ประเภท ตามผังการจำแนกประเภทของเสียอันตราย แสดงดังรูปที่ 3.20

1) ประเภทที่ 1 ของเสียพิเศษ (I : Special Waste) หมายถึง ของเสียที่ต้องระวังเป็นพิเศษ ได้แก่ ของเสียที่สามารถทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำหรืออากาศ, ของเสียที่เป็นชีวพิษ, ของเสียที่เป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เอทธิเดียมโบรไมด์ (EtBr) และของเสียที่อาจมีการระเบิด เช่น เอไซด์ (Azide), เปอร์ออกไซด์ (Peroxide) เป็นต้น

2) ประเภทที่ 2 ของเสียที่มีไซยาไนด์ (II : Cyanide Waste) หมายถึง ของเสียที่มีไซยาไนด์เป็นส่วนประกอบ เช่น โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN) โพแทสเซียมไซยาไนด์ (KCN) หรือเป็นของเสียที่มีสารประกอบเชิงซ้อนไซยาไนด์ หรือมีไซยาโนคอมเพล็กซ์เป็นองค์ประกอบ เช่น เตตระไซยาโนนิกเกิลเลต (II) ion ($[Ni(CN)_4]^{2-}$), โพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) ($K_3[Fe(CN)_6]$) และโพแทสเซียมเฮกซะ-ไซยาโนเฟอร์เรต (II) ($K_4[Fe(CN)_6]$) เป็นต้น

> **ถ้าผสมกับ** ของเสียที่มีปรอท (IV : Mercury Waste)
> **ให้จัดเป็นประเภท** ของเสียพิเศษ (I : Special Waste)

3) ประเภทที่ 3 ของเสียที่มีสารออกซิไดส์ (III : Oxidizing Waste) หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการให้อิเล็กตรอน ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดระเบิดได้ เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$), โซเดียมคลอเรต ($NaClO_3$), โซเดียมเปอร์ไอโอเดต ($NaIO_4$) และโซเดียมเปอร์ซัลเฟต ($Na_2S_2O_8$) เป็นต้น

ถ้าผสมกับ ของเสียที่มีสารโครเมต (V : Chromate Waste)
ให้จัดเป็นประเภท ของเสียที่มีสารโครเมต (V : Chromate Waste)

4) ประเภทที่ 4 ของเสียที่มีปรอท (IV : Mercury Waste) หมายถึง ของเสียที่มีปรอทเป็นองค์ประกอบ เช่น เมอร์คิวรี (II), คลอไรด์ ($HgCl_2$), โลหะอะมัลกัม (AgHg) และไดเมทิลเมอร์คิวรี (HgC_2H_6) เป็นต้น

ถ้าผสมกับ ของเสียที่มีไซยาไนด์ (II : Cyanide Waste)
ให้จัดเป็นประเภท ของเสียพิเศษ (I : Special Waste)

5) ประเภทที่ 5 ของเสียที่มีสารโครเมต (V : Chromate Waste) หมายถึง ของเสียที่มีโครเมียม (VI) เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบ Cr^{6+} และกรดโครมิก (H_2CrO_4) ของเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ Chemical Oxygen Demand (COD) เป็นต้น

ถ้ามีการใช้ปรอทร่วมด้วย
ให้จัดเป็นประเภท ของเสียที่มีปรอท (IV : Mercury Waste)

6) ประเภทที่ 6 ของเสียที่มีโลหะหนัก (VI : Heavy Metal Waste) หมายถึง ของเสียที่มีไอออนของโลหะหนักอื่น ที่ไม่ใช่ปรอทเป็นส่วนประกอบ เช่น แบเรียม (Ba), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), โคบอลต์ (Co), นิเกิล (Ni), เงิน (Ag), ดีบุก (Sn), แอนติโมนี (Sb), ทังสเตน (W) และวาเนเดียม (V) เป็นต้น

7) ประเภทที่ 7 ของเสียที่เป็นกรด (VII : Acid Waste) หมายถึง ของเสียที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 และมีกรดแร่ (Mineral acid) ปนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4), กรดไนตริก (HNO_3) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เป็นต้น

8) ประเภทที่ 8 ของเสียอัลคาไลน์ (VIII : Alkaline Waste) หมายถึง ของเสียที่มีค่า pH สูงกว่า 8 และมีด่างปนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น คาร์บอเนต (Co_3^{2-}), ไฮดรอกไซด์ (OH^-) และแอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น

9) ประเภทที่ 9 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม (IX : Petroleum Product) หมายถึง ของเสียประเภทน้ำมันปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมัน เช่น น้ำมันเบนซิน, น้ำมันดีเซล, น้ำมันก๊าด, น้ำมันเครื่อง และน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

10) ประเภทที่ 10 Oxygenated (X : Oxygenated) หมายถึง ของเสียที่ประกอบด้วยสารเคมีที่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้าง เช่น เอทิลอะซิเตต, อะซิโตน, เอสเทอร์, แอลกอฮอล์, คีโตน และอีเทอร์ เป็นต้น

11) ประเภทที่ 11 NPS Containing (XI : NPS Containing) หมายถึง ของเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) ซัลเฟอร์ (S) เช่น สารเคมีที่มีส่วนประกอบของ Dimethylformamide (DMF) Dimethyl sulfoxide (DMSO) อะซิโตไนไตรล์ (CH_3CN), เอมีน และเอไมด์ เป็นต้น

ถ้าผสมกับ Halogenated (XII : Halogenated Waste)
ให้จัดเป็นประเภท ของเสียพิเศษ (I : Special Waste)

12) ประเภทที่ 12 Halogenated (XII : Halogenated) หมายถึง ของเสียที่มีสารประกอบอินทรีย์ของธาตุฮาโลเจน เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4), คลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) และไตรคลอโรเอทิลีน (C_2HCl_3) เป็นต้น

ถ้าผสมกับ NPS Containing (XI : NPS Containing)
ให้จัดเป็นประเภท ของเสียพิเศษ (I : Special Waste)

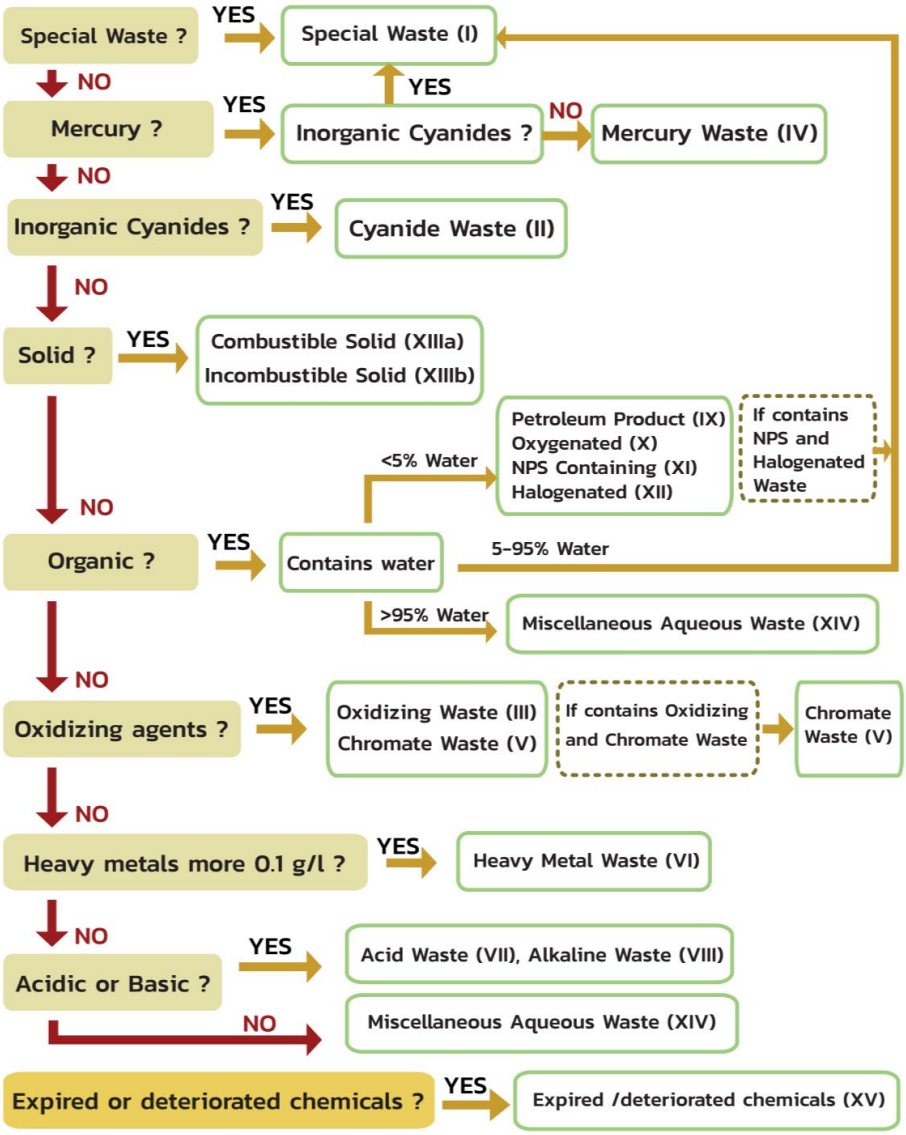
13) ประเภทที่ 13 ของแข็ง หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสถานะของแข็ง สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

(a) : ของแข็งที่เผาไหม้ได้ (XIII (a) : Combustible Solid) เช่น เศษซากพืชจากการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์, ถุงมือปนเปื้อนสารเคมี เป็นต้น

(b) : ของแข็งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (XIII (b) : Incombustible Solid) เช่น ซิลิกาเจล (Silica gel), เศษแก้ว เป็นต้น

14) ประเภทที่ 14 ของเสียอื่น ๆ ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย
(XIV : Miscellaneous Aqueous Waste) หมายถึง ของเสียที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และมีสารอินทรีย์ที่ไม่เป็นพิษน้อยกว่า 5% หากมีสารเป็นพิษให้พิจารณาเสมือนว่าเป็นของเสียพิเศษ (I : Special Waste)

15) ประเภทที่ 15 สารเคมีเสื่อมสภาพ (XV : Expired or Deteriorated Chemicals) หมายถึง สารเคมีเสื่อมสภาพที่สามารถระบุ ชื่อ และประเภทความเป็นอันตรายของสารได้



รูปที่ 3.20 ผังการจำแนกประเภทของเสียอันตราย 15 ประเภท ตามข้อกำหนดของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มา : วรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์. (2563, หน้า60)

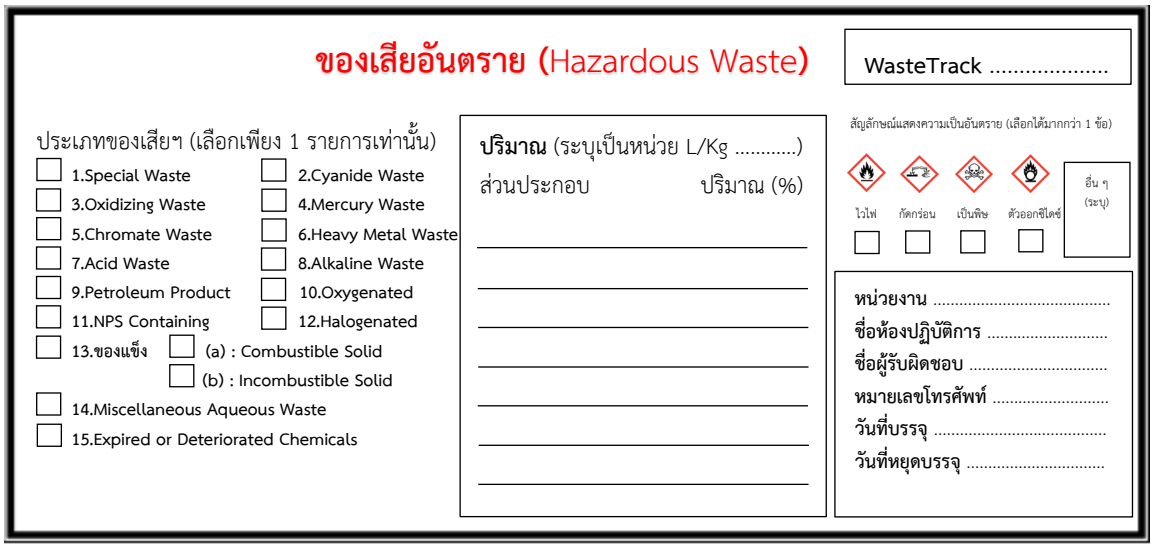
เมื่อผู้ปฏิบัติงานมีการจำแนกแยกประเภทของเสียดังกล่าวมาแล้ว ของเสียบางประเภทนั้นสามารถบำบัดได้ด้วยตนเอง ส่วนของเสียบางประเภทที่ไม่สามารถบำบัดเองได้จะต้องแยกเก็บ โดยมีการกำหนดพื้นที่จัดเก็บของเสียที่รอการส่งกำจัดอย่างชัดเจน แยกออกจากสารเคมีชนิดอื่น ให้ห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ อ่างน้ำ และบริเวณที่ตั้งของอุปกรณ์ฉุกเฉิน ของเสียที่มีลักษณะเป็นของแข็งจะถูกรวบรวมในขวดพลาสติก PE ที่มีฝาปิดชนิดหมุนเกลียวที่ปิดสนิท ส่วนของเสียที่มีลักษณะเป็นเหลวจะมีภาชนะรองรับขวดของเสีย (Secondary containment) ที่เหมาะสม สามารถรองรับปริมาณของเสียได้ทั้งหมดหากเกิดการรั่วไหล แสดงดังรูปที่ 3.21 ห้องปฏิบัติการมีการกำหนดปริมาณของเสียสูงสุดที่อนุญาตให้เก็บ เช่น ของเสียประเภทของเหลวไวไฟไม่เกิน 50 ลิตร จำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้สำหรับเก็บสารไวไฟ

โดยเฉพาะ และมีการกำหนดระยะเวลาในการเก็บของเสียจากห้องปฏิบัติการ กรณีของเสียพร้อมส่งกำจัด (ปริมาตร 80% ของภาชนะ) ไม่เกิน 90 วัน กรณีของเสียไม่เต็มภาชนะบรรจุ (ปริมาตรน้อยกว่า 80% ของภาชนะ) ไม่เกิน 1 ปี เพื่อส่งกำจัดเป็นระยะ ๆ ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ได้กำหนดให้สถานประกอบการที่เป็นโรงงานเก็บของเสียอันตรายไว้ไม่เกิน 90 วัน ดังนั้นห้องปฏิบัติการอื่นที่มีของเสียเกิดขึ้นเหมือนกันจะใช้แนวทางเดียวกัน

(ก) (ข)

รูปที่ 3.21 การจัดเก็บของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ
(ก) ของเสียที่เป็นของแข็ง (ข) ของเสียที่เป็นของเหลว

ภาชนะบรรจุของเสีย จะต้องมีฉลากที่ชัดเจน ข้อมูลบนฉลากติดภาชนะของเสียประกอบด้วย ชื่อหน่วยงาน, ชื่อห้องปฏิบัติการ, ชื่อผู้รับผิดชอบ, หมายเลขโทรศัพท์, ประเภทของเสีย, ปริมาณของเสีย, วันที่เริ่มบรรจุและวันที่หยุดบรรจุ แสดงดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ฉลากของเสียติดภาชนะบรรจุของเสียอันตราย

3.8.4 การจัดการของเสียที่บำบัดหรือกำจัดได้ด้วยตนเอง

ของเสียบางอย่างจากห้องปฏิบัติการอาจไม่นับว่าเป็นของเสียอันตรายที่ต้องรอส่งกำจัดทั้งหมด หากผ่านการบำบัดที่เหมาะสมแล้วทำให้ความเป็นพิษและเป็นอันตรายลดลง สามารถนำไปกำจัดหรือทิ้งเหมือนขยะทั่วไปได้ ซึ่งจะพิจารณาแบ่งของเสียที่บำบัดหรือกำจัดได้ด้วยตนเองออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) ของเสียที่สามารถทิ้งลงถังขยะได้

ของเสียที่เป็นของแข็งบางชนิดต้องพิจารณาเพื่อให้ทิ้งอย่างปลอดภัย ตัวอย่างของเสียที่จัดเป็นขยะมูลผอยทั่วไปและทิ้งลงถังขยะได้เลย เช่น

- สารดูดความชื้น เช่น โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4), แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ที่ไม่ปนเปื้อนสารละลายอินทรีย์ สารเคมีที่เป็นพิษ สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อน สารออกซิไดซ์หรือสารไวไฟ
- เกลือที่ไม่มีพิษ ไม่เป็นอันตราย คือ เกลือต่าง ๆ ที่ไม่ใช่สารประกอบจากไอออนอันตรายดังต่อไปนี้

• แคทไอออนของโลหะหนักอันตราย เช่น ปรอท (Hg), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb) ฯลฯ

• แอนไอออนของสารอันตราย เช่น ไนเตรต (NO_3^-), เปอร์คลอเรต (ClO_4^-), ไซยาไนด์ (CN^-) ฯลฯ

- กระดาษลิสมัต กระดาษกรองที่ใช้แล้วที่ไม่ปนเปื้อนสารละลายอินทรีย์ สารเคมีที่เป็นพิษ สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อน สารออกซิไดซ์หรือสารไวไฟ
- เศษแก้วที่สะอาด ไม่ปนเปื้อนสารเคมีที่เป็นอันตราย เก็บรวบรวมใส่กล่องกระดาษเพื่อป้องกันอันตรายจากคมเศษแก้วก่อนทิ้ง โดยจำแนกเป็นของแข็งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (Incombustible Solid)

ของเสียที่สามารถเทลงท่อน้ำทิ้งได้

ของเสียที่เป็นของเหลวหรือสารละลายบางชนิดสามารถเทลงท่อน้ำทิ้งได้เลย แต่ต้องเปิดน้ำตามมาก ๆ เพื่อเจือจางของเสียดังกล่าว เช่น

- สารละลายของเกลือที่มีมีพิษ ไม่เป็นอันตราย
- ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีพิษน้อยและผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ เช่น กลีเซอรอล หรือเอทานอล ที่มีปริมาณรวมน้อยกว่า 50 mL และไม่มีสารอื่นที่เป็นพิษเป็นองค์ประกอบ
- สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบสเจือจาง ความเข้มข้นต่ำกว่า 10% และมีปริมาตรน้อยกว่า 1 ลิตร
- สารละลายที่มีไอออนโลหะละลายอยู่ไม่เกิน 5% และมีปริมาณไม่มากนัก เช่น Fe, Al, Mn, Zn, Mg, Ca และไอออนของธาตุหมู่ 1 (โลหะอัลคาไลน์)

2) ของเสียที่ต้องผ่านการบำบัดที่เหมาะสมก่อนทิ้ง

ของเสียที่สามารถกำจัดได้เอง จะมีการบำบัดเบื้องต้นด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อนทิ้ง ทำให้ความเป็นพิษและความเป็นอันตรายลดลงก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเก็บรวบรวมให้มีปริมาณมากพอก่อนค่อยบำบัด แต่จะไม่เก็บไว้เกินกว่า 1 การศึกษา ดังตัวอย่างต่อไปนี้

• สารละลายที่เป็นกรดหรือเบสความเข้มข้นสูงหรือมีปริมาณมาก

สารละลายที่เป็นกรดหรือเบสดังกล่าว จะต้องไม่ปนเปื้อนโลหะหนักหรือสารอันตรายอื่น ๆ สามารถนำมาบำบัดโดยการสะเทินให้เป็นกลางก่อน หากสารละลายเป็นกรดให้สะเทินด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) และหากสารละลายเป็นเบสให้สะเทินด้วยกรดอะซิติก (CH_3COOH) ทั้งนี้ จะตรวจสอบฤทธิ์ความเป็นกรดเบสก่อนทิ้งเสมอ และต้องเปิดน้ำไหลตามลงไปในท่อมาก ๆ

หากมีของเสียทั้งที่เป็นกรดและเป็นเบสอยู่ สามารถนำของเสียทั้งสองมาสะเทินกันเองได้ แต่ต้องผสมกันอย่างช้า ๆ ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากปฏิกิริยาสะเทินอาจคายความร้อนมาก และมีปฏิกิริยารุนแรงหากผสมกันในปริมาณมากและรวดเร็วเกินไป

• สารประกอบไซยาไนด์

สารประกอบที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ เกลือไซยาไนด์ของธาตุหมู่ 1 (โลหะอัลคาไลน์) และธาตุหมู่ 2 (อัลคาไลน์เอิร์ธ), สารประกอบเชิงซ้อนของไซยาไนด์ (Cyano - complex) เช่น $K_3Fe(CN)_6$, $K_4Fe(CN)_6$ เป็นต้น รวมทั้งสารอินทรีย์ที่สามารถสลายตัวให้ HCN ได้ เช่น Cyanohydrin, Trimethylsilyl cyanide (TMSCN) เป็นต้น แต่ไม่รวมสารประกอบไนไตรล์ทั้งแบบอะลิฟาติก (R – CN) และอะโรมาติก (Ar – CN)

สามารถบำบัดสารในกลุ่มนี้ได้โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายไฮโปคลอไรด์ (ClO^-) ในสภาวะที่เป็นเบส ทั้งนี้ จะตรวจสอบว่าไม่มีไซยาไนด์ไอออนเหลืออยู่ โดยใช้ Prussian blue Test ก่อนทิ้งลงท่อน้ำทิ้งเสมอ

หมายเหตุ - สารละลายไฮโปคลอไรด์ที่มีขายตามท้องตลาด คือ ผลิตภัณฑ์น้ำยาซักผ้าขาว

- Prussian blue Test คือ การทดสอบไซยาไนด์ด้วยสารละลาย $FeSO_4$ แล้วปรับให้เป็นกรดด้วยกรดแร่ เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) หรือกรดไนตริก (HNO_3) หากสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน แสดงว่ายังมีไซยาไนด์อยู่

• สารประกอบซัลไฟด์หรือไทออล

สารประกอบที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ สารอินทรีย์ซัลไฟด์ (Organic sulfide) และสารประกอบไทออล (Thiol) เช่น mercaptans เป็นต้น ซึ่งสามารถกำจัดได้ด้วยการออกซิไดซ์ โดยทำปฏิกิริยากับสารละลายไฮโปคลอไรด์ในสภาวะที่เป็นเบส เช่นเดียวกับการบำบัดสารประกอบไซยาไนด์

• สารที่ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำและอากาศ

สารเคมีที่อยู่ในกลุ่มนี้มีหลายชนิด ได้แก่

- สารประกอบ Acid halide, Anhydrous inorganic halide เช่น PCl_5, $SOCl_2$, $POCl_3$, $AlCl_3$ และ BF_3

- สารประกอบ Metal hydride เช่น CaH_2, $LiAlH_4$ และ NaH

- ของแข็งโลหะอัลคาไลน์ เช่น Li, Na และ K

- สารประกอบ Organometallic reagent เช่น BuLi และ Grignard reagent

สารเคมีอันตรายเหล่านี้ หากจัดเป็นของเสียที่ต้องกำจัดทิ้ง ควรทำลายทิ้ง โดยนำไปทำปฏิกิริยากับน้ำหรือแอลกอฮอล์อย่างระมัดระวังและต้องทำในตู้ควันเท่านั้น เนื่องจากปฏิกิริยาจะเกิดแก๊ส

ไฮโดรเจนเฮไลด์ (HX) หรือแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ได้ ทั้งนี้ เมื่อสารเคมีดังกล่าวถูกทำลายหมดแล้ว ให้ปรับสารละลายให้เป็นกลางก่อนทิ้ง

สำหรับสารอะลูมิเนียมไฮไดรด์ ($LiAlH_4$) ให้กำจัดทิ้ง โดยใช้เอทิลอะซิเตต ($CH_3COOC_2H_5$) จะไม่เกิดแก๊สไฮโดรเจน ทำให้การกำจัดสารนี้มีความปลอดภัยมากขึ้น

• สารเหลือทิ้งที่มีทองแดงเจือปน เป็นของเสียที่มีโลหะหนัก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปของแข็งที่เกิดจากการทดลอง เรื่องการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์ ใช้สารละลายคอปเปอร์(II) คลอไรด์ ($CuCl_2$) เป็นรีเอเจนต์ ทำปฏิกิริยากับโลหะแมกนีเซียม (Mg) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าได้โลหะทองเป็นจำนวนมาก ผู้ปฏิบัติงานจึงมีการจัดการสารเหลือทิ้งที่มีทองแดงเจือปน โดยบำบัดด้วยกระบวนการทางเคมี คือ การแทนที่ด้วยโลหะ (Cementation) เพื่อแยกโลหะทองแดงให้บริสุทธิ์ขึ้น จากนั้นโลหะทองแดงที่แยกได้ จะถูกนำมาเตรียมเป็นรีเอเจนต์ $Cu(NO_3)_2$ และ $CuSO_4$ ใช้ในบทปฏิบัติการรายวิชาเคมีพื้นฐาน (CHEM1102), เคมี2 (CHEM1103), เคมีทั่วไป (CHEM1105), หลักเคมี (CHEM1111) และเคมีสำหรับครูวิทยาศาสตร์2 (CHEM1114) ทดแทนรีเอเจนต์ $Cu(NO_3)_2$ และ $CuSO_4$ ทางการค้า เป็นแนวทางการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการให้นำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) และใช้ซ้ำ (Reuse) อีกทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสารเคมี สำหรับการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการทางเคมีของหน่วยงาน และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ (ลักษณ์นารา คำรศ, 2565)

3) ของเสียที่ห้ามทิ้งลงถังขยะหรือเทลงท่อน้ำทิ้งเด็ดขาด

เพื่อความเข้าใจและความระมัดระวังมากขึ้น ของเสียที่ต้องเก็บรวบรวมเพื่อส่งกำจัด ห้ามทิ้งลงถังขยะรวมกับขยะทั่วไปและห้ามเทลงท่อน้ำทิ้งเด็ดขาด ยกตัวอย่างดังนี้

- เศษแก้วที่ปนเปื้อนสารอันตราย หรือภาชนะที่บรรจุสารที่เป็นอันตรายและยังไม่ได้ล้างให้สะอาด
- เศษโลหะที่มีคม เช่น ใบมีด, เข็มฉีดยา ต้องนำใส่กล่อง เพื่อป้องกันอันตรายจากความแหลมคม
- ขยะของแข็งที่ปนเปื้อนด้วยโลหะหนักที่เป็นพิษ
- ซิลิกาเจลหรือผงอะลูมินาที่ปนเปื้อนสารละลายอินทรีย์ทุกชนิด
- น้ำมันและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่าง ๆ
- ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ
- ตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นสารประกอบที่มีคลอรีนอยู่ในโครงสร้าง
- ตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษสูง ถึงแม้ว่าจะละลายน้ำได้ดี เช่น เมทานอล (CH_3OH), อะซิโตไนไตรล์ (CH_3CN) และไดออกเซน (Dioxane, $C_4H_8O_2$)
- ฟีนอลและอนุพันธ์ของฟีนอล เช่น ครีซอล และรีซอร์สซินอล
- สารละลายที่มีโลหะหนักที่เป็นพิษสูงปนเปื้อน เช่น ปรอท (Hg), โครเมียม (Cr), สารหนู (As), ตะกั่ว (Pb), แคดเมียม (Cd), ทองแดง (Cu), นิกเกิล (Ni) และแบเรียม (Ba) เป็นต้น ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะออกซิเดชันใดก็ตาม

บทที่ 4
เทคนิคการปฏิบัติงาน

ปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM 1111) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เป็นการศึกษาและค้นคว้า ทดสอบ วิเคราะห์จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานจึงจัดทำการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี โดยรวบรวมเทคนิคการจัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองและการเตรียมสารละลาย รวมถึงสารเคมี แยกเป็นการทดลองตามบทปฏิบัติการ 9 การทดลอง เพื่อเตรียมพร้อมในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

4.1 การทดลองเรื่อง สารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษารู้จักและแยกประเภทของสารเคมีในห้องปฏิบัติการ เข้าใจรายละเอียดเบื้องต้นของฉลากสารเคมี และทราบถึงอันตรายและวิธีป้องกันการใช้สารเคมีได้อย่างถูกต้อง

วิธีการจัดเตรียม

1) ตรวจสอบหนังสือ เอกสารที่ใช้ประกอบการหาข้อมูลของนักศึกษา และฉลากสารเคมีที่ใช้สำหรับปฏิบัติการให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ไม่มีจำนวนหน้าที่ขาดหายหรือชำรุด ถ้าพบว่าชำรุดควรซ่อมแซมหรือเปลี่ยนก่อนนำมาใช้งาน

2) หนังสือ เอกสารประกอบและฉลากสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

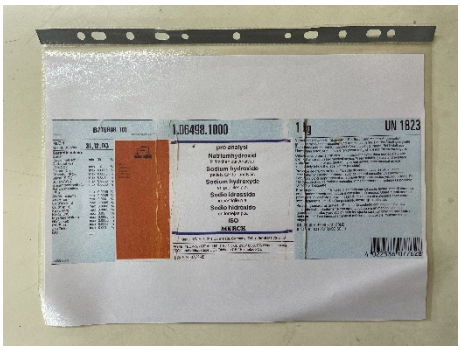
- หนังสือเรื่องเทคนิคทางเคมี ผู้ปฏิบัติงานหรือนักศึกษาสามารถเข้าถึงเนื้อหา และค้นคว้าข้อมูลภายในหนังสือเทคนิคทางเคมี โดยการสแกน QR Code แสดงดังรูปที่ 4.1 ผ่านโทรศัพท์มือถือได้ทันที

รูปที่ 4.1 QR Code ไฟล์หนังสือเรื่องเทคนิคทางเคมี

• เอกสารประกอบเรื่องสารเคมี ผู้ปฏิบัติงานหรือนักศึกษาสามารถเข้าถึงเนื้อหา และค้นคว้าข้อมูลภายในเอกสารประกอบเรื่องสารเคมี โดยการสแกน QR Code แสดงดังรูปที่ 4.2 ผ่านโทรศัพท์มือถือได้ทันที

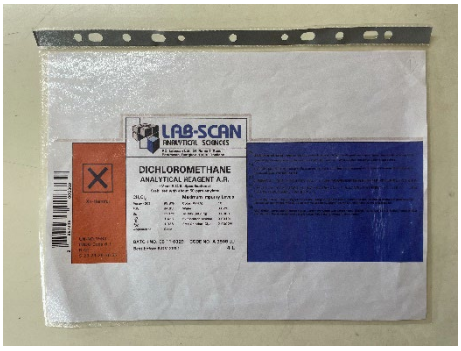
รูปที่ 4.2 QR Code ไฟล์เอกสารประกอบเรื่องสารเคมี

• ฉลากสารเคมีหมายเลข 1 Sodium hydroxide (NaOH) แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างฉลากสารเคมีที่เป็นของแข็ง Sodium hydroxide (NaOH)

- ฉลากสารเคมีหมายเลข 2 Dichloromethane (CH_2Cl_2) แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างฉลากสารเคมีที่เป็นของเหลว Dichloromethane (CH_2Cl_2)

3) นำหนังสือ เอกสารประกอบและฉลากสารเคมี อย่างละ 1 เล่ม ใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

4) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง สารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี แสดงดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง สารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี

4.2 การทดลองเรื่อง การเลือกใช้อุปกรณ์และเลขนัยสำคัญ

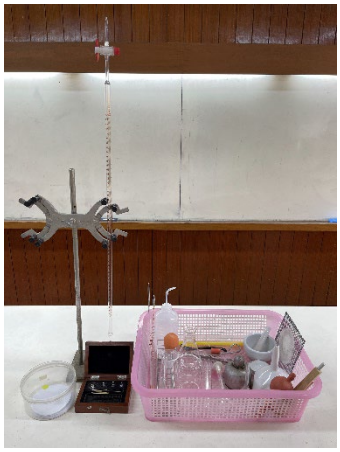
การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษาเลือกใช้อุปกรณ์ให้ถูกต้อง เหมาะสม ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน สามารถบันทึกค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ และสามารถจัดการข้อมูลผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

วิธีการจัดเตรียม

1) นำกระดาษ A4 Reuse มาตัดเป็นวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ใส่ในกล่องพลาสติกแสดงดังรูปที่ 4.6 เพื่อสาธิตและสอนให้นักศึกษาพับกระดาษกรองในแบบรูปกรวยและแบบจีบ

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างกระดาษกรองที่ตัดให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติการพับ

2) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.1 ใส่ในตะกร้าใหญ่ 1 ชุด ไว้ที่โต๊ะสาธิตหน้าห้องปฏิบัติการสำหรับให้อาจารย์ผู้สอนสาธิตการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ชุดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับการสาธิต

3) จัดเตรียมบิวเรตต์ ขนาด 50 mL บรรจุน้ำกลั่น ปริมาตรตามต้องการ ไว้ที่โต๊ะสาธิตหน้าห้องปฏิบัติการ 1 ชุด สำหรับให้นักศึกษาอ่านปริมาตรในการทดลอง

4) เตรียมกล่องลูกตุ้มน้ำหนัก จัดไว้ที่โต๊ะวางเครื่องชั่ง พร้อมเปิดเครื่องชั่งประมาณ 20 – 30 นาที ก่อนเริ่มทำปฏิบัติการ

5) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาอ่านรายละเอียดและใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL จำนวน 2 ใบ
- กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 mL จำนวน 1 อัน
- ปิเปตต์ประเภท Volumrtric pipette ขนาด 10 mL จำนวน 1 อัน
- ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 10 mL จำนวน 1 อัน
- บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand จำนวน 1 ชุด
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL จำนวน 1 ใบ
- ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) จำนวน 1 ขวด
- กรวยพลาสติก (Funnel plastic) จำนวน 1 อัน
- จัดใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

6) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเลือกใช้อุปกรณ์และเลขนัยสำคัญ แสดงดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเลือกใช้อุปกรณ์และเลขนัยสำคัญ

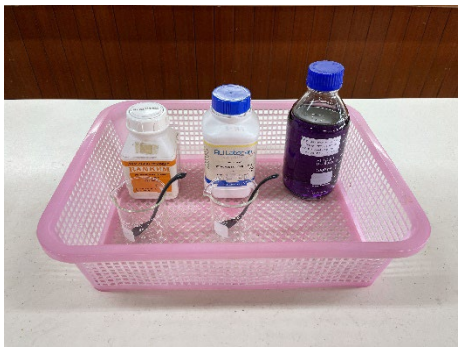
4.3 การทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษาคำนวณน้ำหนัก ปริมาตรของสารที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย คำนวณความเข้มข้นของสารละลายโดยใช้ข้อมูลจากฉลากสารเคมีข้างขวดได้

วิธีการจัดเตรียม

1) สำหรับการทดลองนี้จะมีการใช้สารเคมีสาธิตทดแทนการใช้สารเคมีจริง เพื่อให้นักศึกษาเกิดความชำนาญในการเตรียมสารละลายก่อนการปฏิบัติกับสารเคมีจริงในการทดลองครั้งต่อไป ซึ่งสารเคมีสาธิตที่จัดเตรียมสำหรับการเตรียมสารละลาย มีดังนี้

- น้ำตาลทราย ใช้แทนโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (KHP) บรรจุใส่ขวดเปล่า KHP ที่หมดแล้ว พร้อมกับทำฉลากติดก้นขวด ระบุชื่อ น้ำตาลทราย ใช้ในการทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย
- เกลือแกง ใช้แทนโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) บรรจุใส่ขวดเปล่า NaOH ที่หมดแล้ว พร้อมกับทำฉลากติดก้นขวด ระบุชื่อ เกลือแกง ใช้ในการทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย
- น้ำผสมสี ใช้แทนกรดไฮโดรคลอริก (HCl) บรรจุใส่ขวดแก้ว Duran ขนาด 1000 mL ติดฉลากสารเคมี ระบุชื่อ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) มวลโมเลกุล (MW) = 36.46 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.19 g/cm^3 มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 37.0%
- จัดใส่ในตะกร้าสารเคมีสำหรับการทดลองไว้ที่โต๊ะส่วนกลางหน้าห้องปฏิบัติการ 1 ชุด แสดงดังรูปที่ 4.9 เพื่อให้นักศึกษามาแบ่งไปทดลองที่โต๊ะของตัวเอง



รูปที่ 4.9 ตะกร้าสารเคมีสำหรับการทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย

2) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาใช้ในการเตรียมสารละลาย ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL จำนวน 2 ใบ
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 mL จำนวน 2 ใบ
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL จำนวน 2 ใบ
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 mL จำนวน 1 ใบ
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25 mL จำนวน 3 ใบ
- ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 25 mL จำนวน 1 อัน
- ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 10 mL จำนวน 1 อัน
- ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) จำนวน 1 ขวด
- แท่งแก้วคน (Stirring rod) จำนวน 1 อัน
- หลอดหยด (Dropper) จำนวน 1 อัน
- ลูกยางปิเปตต์ (Pipette rubber) จำนวน 1 ชิ้น
- กรวยพลาสติก (Funnel plastic) จำนวน 1 อัน
- จัดใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

3) ทำการเปิดเครื่องชั่งประมาณ 20 – 30 นาทีก่อนเริ่มทำปฏิบัติการ

4) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย แสดงดังรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเตรียมสารละลาย

4.4 การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้นักศึกษาใช้ข้อมูลจริงในการทำนายผลผลิตที่เกิดจากการทดลอง โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ผลผลิตร้อยละ} = \frac{\text{ผลผลิตจริง} \times 100}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}}$$

วิธีการเตรียมสารเคมี

1) ตัดโลหะแมกนีเซียม (Mg) ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำใส่ในขวดแก้ว Duran ขนาด 100 mL เพื่อง่ายต่อการนำไปชั่งน้ำหนัก

2) 0.25 M สารละลายคอปเปอร์ (II) คลอไรด์ ($CuCl_2$) ปริมาตร 1000 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $CuCl_2$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 170.48 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- คำนวณหาน้ำหนัก $CuCl_2$ (g) โดยใช้สูตร $g = \frac{MM'V'}{10p}$

$$\text{น้ำหนัก } CuCl_2 \text{ ที่ต้องชั่ง} = \frac{170.48 \text{ g/mol} \times 0.25 \text{ mol/L} \times 1000 \text{ mL}}{10 \times 99 \text{ g/g}}$$

$$= 43.05 \text{ g}$$

ดังนั้นต้องชั่ง $CuCl_2$ จำนวน 43.05 g ละลายด้วย 0.5 M HCl และปรับปริมาตรด้วย 0.5 M HCl จนครบ 1000 mL

หมายเหตุ การเตรียมสารละลาย 0.5 M HCl ปริมาตร 1000 mL ใช้เป็นตัวทำละลาย

HCl มีมวลโมเลกุล (MW) = 36.46 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.19 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 37.0%

- คำนวณหาปริมาตร HCl (mL) โดยใช้สูตร $V = \frac{MM'V'}{10pd}$

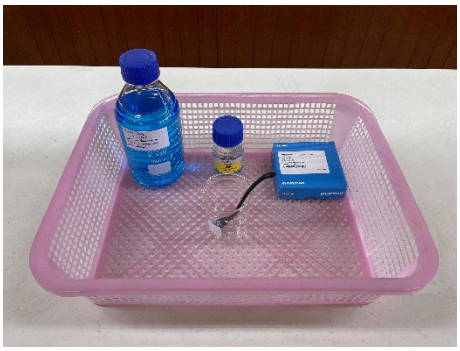
$$\text{ปริมาตร HCl ที่ต้องปิเปตต์} = \frac{36.46 \text{ g/mol} \times 0.5 \text{ mol/L} \times 1000 \text{ mL}}{10 \times 37 \text{ mL/mL} \times 1.19 \text{ g/mL}}$$

$$= 41.40 \text{ mL}$$

ดังนั้นต้องปิเปตต์ HCl จำนวน 41.40 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 1000 mL

- นำสารละลายที่เตรียมได้ใส่ขวดแก้ว Duran ขนาด 1000 mL เขียนฉลากกำกับให้ชัดเจน โดยระบุ ชื่อสารละลาย ความเข้มข้น และวันเวลาที่เตรียม

3) นำขวดโลหะ Mg, สารละลาย 0.25 M $CuCl_2$ และกระดาษกรอง จำนวน 1 กล่อง จัดใส่ในตะกร้าสารเคมีไว้ที่โต๊ะส่วนกลางหน้าห้องปฏิบัติการ 1 ชุด แสดงดังรูปที่ 4.11 เพื่อให้นักศึกษามาแบ่งไปทดลองที่โต๊ะของตัวเอง



รูปที่ 4.11 ตะกร้าอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์

วิธีการจัดเตรียม

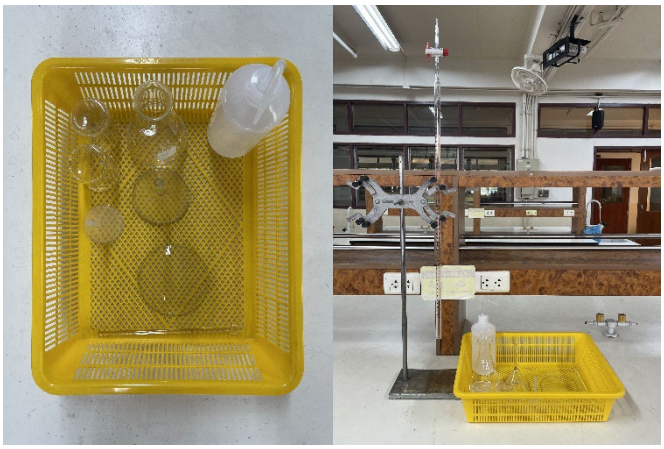
1) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL จำนวน 2 ใบ
- บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand จำนวน 1 ชุด
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL จำนวน 1 ใบ
- กรวยกรอง (Glass funnel) จำนวน 1 อัน
- ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) จำนวน 1 ขวด
- แท่งแก้วคน (Stirring rod) จำนวน 1 อัน
- กระจกนาฬิกา (Watch glass) จำนวน 1 อัน
- กรวยพลาสติก (Funnel plastic) จำนวน 1 อัน
- จัดใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

2) ทำการเปิดเครื่องชั่งประมาณ 20 – 30 นาทีก่อนเริ่มทำปฏิบัติการ

3) ทำการเปิดตู้อบลมร้อนทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที เพื่อปรับอุณหภูมิภายในตู้อบตามที่ตั้งไว้และในการอบตะกอนโลหะทองแดงจะตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 105 °C

4) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์ แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์

4.5 การทดลองเรื่อง สมดุลเคมี

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้นักศึกษาเข้าใจหลักของเลอชาเตอลิเยร์ (Le Chatelier's Principle) คือ "เมื่อสมดุลถูกรบกวน สมดุลจะพยายามปรับตัว เพื่อเข้าสู่สมดุลใหม่อีกครั้งหนึ่งในทิศทางที่ลดอิทธิพลของสิ่งรบกวนนั้น"

วิธีการเตรียมสารเคมี

1) การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1.1 สารละลาย 0.1 M NaOH ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ NaOH มีมวลโมเลกุล (MW) = 40.00 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 97.0%

- น้ำหนัก NaOH ที่ต้องชั่ง $= \dfrac{40\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 50\ \text{mL}}{10 \times 97\ \text{g/g}} = 0.21\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่ง NaOH จำนวน 0.21 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.2 สารละลาย 0.1 M NH_4SCN ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ NH_4SCN มีมวลโมเลกุล (MW) = 72.12 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- น้ำหนัก NH_4SCN ที่ต้องชั่ง $= \dfrac{72.12\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 50\ \text{mL}}{10 \times 98\ \text{g/g}} = 0.37\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่ง NH_4SCN จำนวน 0.37 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.3 สารละลาย 0.1 M $AgNO_3$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $AgNO_3$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 169.87 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- น้ำหนัก $AgNO_3$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{169.87 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 99 \text{ g/g}} = 0.86 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $AgNO_3$ จำนวน 0.86 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.4 สารละลาย 0.1 M $K_3[Fe(CN)_6]$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $K_3[Fe(CN)_6]$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 329.25 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- น้ำหนัก $K_3[Fe(CN)_6]$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{329.25 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 99 \text{ g/g}} = 1.66 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $K_3[Fe(CN)_6]$ จำนวน 1.66 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.5 สารละลาย 0.1 M $Fe(NO_3)_3$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $Fe(NO_3)_3$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 404.00 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- น้ำหนัก $Fe(NO_3)_3$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{404 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 98 \text{ g/g}} = 2.06 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $Fe(NO_3)_3$ จำนวน 2.06 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.6 สารละลาย 0.01 M $Fe(NO_3)_3$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $Fe(NO_3)_3$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 404.00 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- น้ำหนัก $Fe(NO_3)_3$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{404 \text{ g/mol} \times 0.01 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 98 \text{ g/g}} = 0.21 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $Fe(NO_3)_3$ จำนวน 0.21 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.7 สารละลาย 0.1 M KI ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

KI มีมวลโมเลกุล (MW) = 166.00 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- น้ำหนัก KI ที่ต้องชั่ง $= \frac{166 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 99 \text{ g/g}} = 0.84 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง KI จำนวน 0.84 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.8 สารละลาย 0.1 M $FeSO_4$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียม ดังนี้ $FeSO_4$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 278.02 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- น้ำหนัก $FeSO_4$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{278.02 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 99 \text{ g/g}} = 1.40 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $FeSO_4$ จำนวน 1.40 g ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนที่มี H_2SO_4 conc. 0.25 mL ปรับปริมาตรจนครบ 50 mL

หมายเหตุ ปริมาตรของ H_2SO_4 conc. ที่ใช้เทียบจากการเตรียมสารละลาย 0.1 M $FeSO_4$ ชั่งมา 28.08 g ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนที่มี H_2SO_4 conc. 5.0 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 1000 mL (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2539)

1.9 สารละลาย 0.1 M KSCN ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียม ดังนี้ KSCN มีมวลโมเลกุล (MW) = 97.18 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- น้ำหนัก KSCN ที่ต้องชั่ง $= \frac{97.18 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 98 \text{ g/g}} = 0.50 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง KSCN จำนวน 0.50 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.10 สารละลาย 0.01 M KSCN ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียม ดังนี้ KSCN มีมวลโมเลกุล (MW) = 97.18 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- น้ำหนัก KSCN ที่ต้องชั่ง $= \frac{97.18 \text{ g/mol} \times 0.01 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 98 \text{ g/g}} = 0.05 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง KSCN จำนวน 0.05 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.11 สารละลาย 0.1 M $Cu(NO_3)_2$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $Cu(NO_3)_2$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 241.60 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.5%

- น้ำหนัก $Cu(NO_3)_2$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{241.60 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 99.5 \text{ g/g}} = 1.21 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $Cu(NO_3)_2$ จำนวน 1.21 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.12 สารละลาย 0.1 M $CoCl_2$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียม ดังนี้ $CoCl_2$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 237.93 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- น้ำหนัก $CoCl_2$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{237.93 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 98 \text{ g/g}} = 1.21 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $CoCl_2$ จำนวน 1.21 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.13 สารละลาย 3 M HCl ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ HCl มีมวลโมเลกุล (MW) = 36.46 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.19 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 37.0%

- ปริมาตร HCl ที่ต้องปิเปตต์ $= \dfrac{36.46\ \text{g/mol} \times 3\ \text{mol/L} \times 50\ \text{mL}}{10 \times 37\ \text{mL/mL} \times 1.19\ \text{g/mL}} = 12.42\ \text{mL}$

ดังนั้นต้องปิเปตต์ HCl จำนวน 12.42 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.14 สารละลาย 0.1 M HCl ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ HCl มีมวลโมเลกุล (MW) = 36.46 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.19 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 37.0%

- ปริมาตร HCl ที่ต้องปิเปตต์ $= \dfrac{36.46\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 50\ \text{mL}}{10 \times 37\ \text{mL/mL} \times 1.19\ \text{g/mL}} = 0.41\ \text{mL}$

ดังนั้นต้องปิเปตต์ HCl จำนวน 0.41 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.15 สารละลาย 6 M NH_4OH ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ NH_4OH มีมวลโมเลกุล (MW) = 35.05 g/mol ความหนาแน่น (d) = 0.91 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 30.0%

- ปริมาตร NH_4OH ที่ต้องปิเปตต์ $= \dfrac{35.05\ \text{g/mol} \times 6\ \text{mol/L} \times 50\ \text{mL}}{10 \times 30\ \text{mL/mL} \times 0.91\ \text{g/mL}} = 38.52\ \text{mL}$

ดังนั้นต้องปิเปตต์ NH_4OH จำนวน 38.52 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.16 สารละลายน้ำแป้ง 5 (%w/v) ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

- สารละลายน้ำแป้ง 100 mL มีเนื้อสาร = 5 g

  ถ้าสารละลายน้ำแป้ง 50 mL มีเนื้อสาร $= \dfrac{5\ \text{g} \times 50\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$

  $= 2.50\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่งแป้ง จำนวน 2.50 g

- สารละลายน้ำแป้ง เตรียมโดยละลายแป้งที่ชั่งมา 2.50 g ด้วยน้ำปราศจากไอออนประมาณ 10 mL ค่อย ๆ เทลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำเดือดประมาณ 20 mL คนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งให้เย็นที่อุณภูมิห้อง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.17 สารละลายอินดิเคเตอร์ Bromothymol Blue (BTB) 0.1 (%w/v) ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

สารละลาย BTB 100 mL มีเนื้อสาร = 0.1 g

ถ้าสารละลาย BTB 50 mL มีเนื้อสาร $= \frac{0.1\ \text{g} \times 50\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$

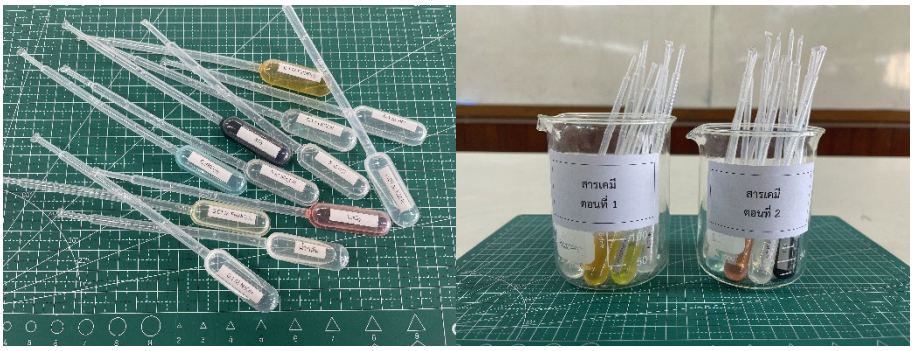
$= 0.05$ g

ดังนั้นต้องชั่ง BTB จำนวน 0.05 g ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนที่มี 0.1 M NaOH 0.8 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

หมายเหตุ ปริมาตรของ 0.1 M NaOH ที่ใช้เทียบจากการเตรียมสารละลาย BTB 1 g กับ 0.1 M NaOH 16.0 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 1000 mL (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2539)

1.18 Hydrochloric acid (HCl) conc. ตวงใส่ขวดแก้ว Duran ขนาด 100 mL ใช้สำหรับการทดลอง เรื่องการศึกษาสมดุลของไอออนเชิงซ้อน $[CoCl_4]^{2-}$ และทำการทดลองในตู้ดูดควัน

2) บรรจุสารละลายที่เตรียมได้ใส่ในปิเปตต์พลาสติก พร้อมกับซีลหนีบปลายหลอดและติดชื่อสารเคมีให้เรียบร้อย ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างการเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

วิธีการจัดเตรียม

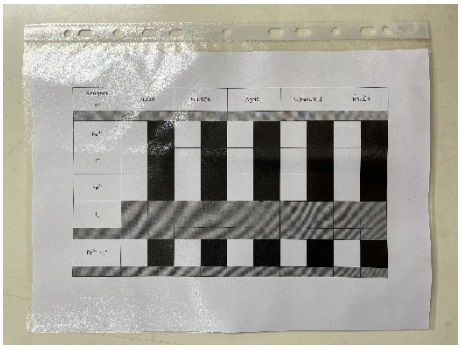
1) จัดวัสดุ ประกอบด้วย ไม้จิ้มฟัน และกระดาษทิชชู่ ใส่ในตะกร้าไว้ที่โต๊ะส่วนกลางหน้าห้องปฏิบัติการ 1 ชุด แสดงดังรูปที่ 4.14 เพื่อให้นักศึกษามาแบ่งไปใช้ที่โต๊ะของตัวเอง

รูปที่ 4.14 ตะกร้าวัสดุสำหรับให้นักศึกษาใช้ส่วนกลาง

2) จัดวัสดุและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- กระดาษแผนผังวิธีการทดลอง ตอนที่ 1 การทดสอบสารในสภาวะสมดุล แสดงดังรูปที่ 4.15 จำนวน 1 แผ่น

Reagent / Ion	NaOH		NH_4SCN		$AgNO_3$		$K_3[Fe(CN)_6]$		น้ำแป้ง	
Fe^{3+}		■		■		■		■		■
I^-		■		■		■		■		■
Fe^{2+}		■		■		■		■		■
I_2										
$Fe^{3+} + I^-$		■		■		■		■		■



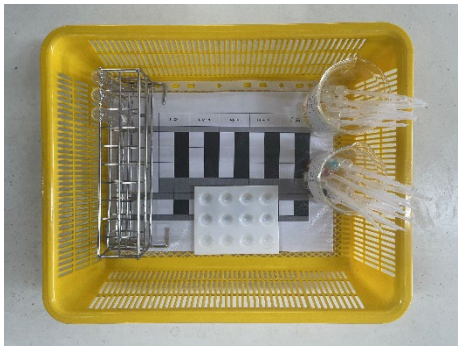
รูปที่ 4.15 กระดาษแผนผังการทดลอง

- จานหลุมพลาสติกชนิด 12 หลุม จำนวน 1 อัน
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL จำนวน 2 ใบ
- หลอดทดลอง (Test tube) จำนวน 3 หลอด
- ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack) จำนวน 1 อัน
- จัดสารเคมีที่บรรจุในปิเปตต์พลาสติกใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

3) เตรียมกะละมังใส่น้ำแข็งเกล็ดใช้ส่วนกลาง จำนวน 1 กะละมัง

4) ทำการเปิดอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 85 °C

5) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง สมดุลเคมี แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง สมดุลเคมี

4.6 การทดลองเรื่อง การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้นักศึกษาได้รู้จักการไทเทรต การทำมาตรฐานสารละลาย และหาจุดยุติโดยใช้อินดิเคเตอร์

วิธีการเตรียมสารเคมี

1) การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1.1 สารละลาย 0.1 M NaOH ปริมาตร 2000 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ NaOH มีมวลโมเลกุล (MW) = 40.00 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 97.0%

- น้ำหนัก NaOH ที่ต้องชั่ง $= \dfrac{40\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 2000\ \text{mL}}{10 \times 97\ \text{g/g}} = 8.25\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่ง NaOH จำนวน 8.25 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 2000 mL

1.2 สารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่างเตรียมจาก CH_3COOH มีมวลโมเลกุล (MW) = 60.05 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.05 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.7% เตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 2000 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

- ปริมาตร CH_3COOH ที่ต้องปิเปตต์ $= \dfrac{60.05\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 2000\ \text{mL}}{10 \times 99.7\ \text{mL/mL} \times 1.05\ \text{g/mL}}$

$= 11.47\ \text{mL}$

ดังนั้นต้องปิเปตต์ CH_3COOH จำนวน 11.47 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 2000 mL

1.3 Unknown 1 เตรียมจาก NaOH มีมวลโมเลกุล (MW) = 40.00 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 97.0% เตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 100 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

- น้ำหนัก NaOH ที่ต้องชั่ง $= \dfrac{40\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 100\ \text{mL}}{10 \times 97\ \text{g/g}} = 0.41\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่ง NaOH จำนวน 0.41 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 100 mL

1.4 Unknown 2 เตรียมจาก HCl มีมวลโมเลกุล (MW) = 36.46 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.19 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 37.0% เตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 100 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

- ปริมาตร HCl ที่ต้องปิเปตต์ $= \dfrac{36.46\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 100\ \text{mL}}{10 \times 37\ \text{mL/mL} \times 1.19\ \text{g/mL}} = 0.83\ \text{mL}$

ดังนั้นต้องปิเปตต์ HCl จำนวน 0.83 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 100 mL

1.5 สารละลายอินดิเคเตอร์ Phenolphthalein 0.1 (%w/v) ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 100 mL มีเนื้อสาร $= 0.1\ \text{g}$

ถ้าสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 50 mL มีเนื้อสาร $= \dfrac{0.1\ \text{g} \times 50\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$

$= 0.05\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่งฟีนอล์ฟทาลีน จำนวน 0.05 g ละลายด้วย 70% เอทานอล ปรับปริมาตรจนครบ 50 mL

1.6 สารละลายอินดิเคเตอร์ Methyl orange 0.1 (%w/v) ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

สารละลายเมทิลออเรนจ์ 100 mL มีเนื้อสาร $= 0.1\ \text{g}$

ถ้าสารละลายเมทิลออเรนจ์ 50 mL มีเนื้อสาร $= \dfrac{0.1\ \text{g} \times 50\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$

$= 0.05\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่งเมทิลออเรนจ์ จำนวน 0.05 g ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนและปรับปริมาตรจนครบ 50 mL

1.7 สารละลายอินดิเคเตอร์ Bromothymol Blue (BTB) 0.1 (%w/v) ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

สารละลาย BTB 100 mL มีเนื้อสาร = 0.1 g

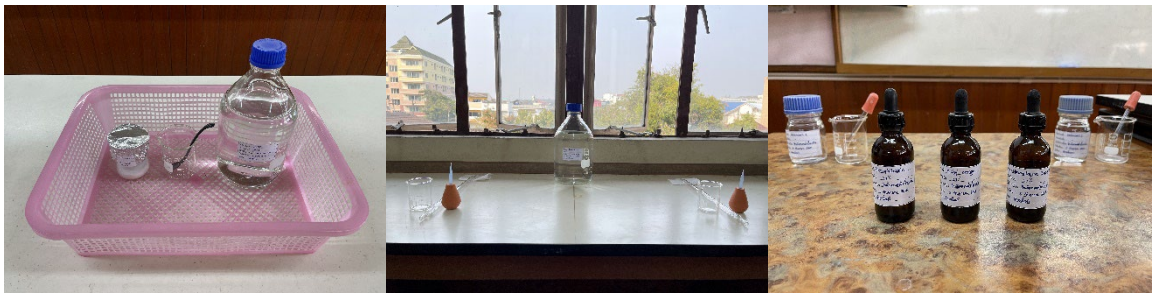
ถ้าสารละลาย BTB 50 mL มีเนื้อสาร $= \frac{0.1\ \text{g} \times 50\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$

$= 0.05$ g

ดังนั้นต้องชั่ง BTB จำนวน 0.05 g ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออนที่มี 0.1 M NaOH 0.8 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

วิธีการจัดเตรียม

1) จัดสารเคมีที่ใช้ในการทดลองไว้ที่โต๊ะส่วนกลางและโต๊ะวางสารเคมี ประกอบด้วย บีกเกอร์บรรจุ KHP ที่อบแล้ว, 0.1 M NaOH, สารละลายน้ำส้มสายชูตัวอย่าง, Unknown 1, Unknown 2, Phenolphthalein, Methyl orange และ Bromothymol blue แสดงดังรูปที่ 4.17



(ก) KHP ที่อบแล้ว และ NaOH (ข) น้ำส้มสายชูตัวอย่าง (ค) Unknown 1, Unknown 2
- Phenolphthalein
- Methyl orange
- Bromothymol blue

รูปที่ 4.17 การจัดสารเคมีในการทดลองเรื่อง การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น

2) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL จำนวน 1 ใบ
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL จำนวน 1 ใบ
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 mL จำนวน 1 ใบ
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL จำนวน 6 ใบ
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL จำนวน 1 ใบ
- ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 25 mL จำนวน 1 อัน
- ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) จำนวน 1 ขวด
- แท่งแก้วคน (Stirring rod) จำนวน 1 อัน
- หลอดหยด (Dropper) จำนวน 1 อัน
- ลูกยางปิเปตต์ (Pipette rubber) จำนวน 1 ชิ้น
- กรวยพลาสติก (Funnel plastic) จำนวน 1 อัน
- บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand จำนวน 1 ชุด
- หลอดทดลอง (Test tube) จำนวน 6 หลอด
- ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack) จำนวน 1 อัน
- จัดใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

3) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น แสดงดังรูปที่ 4.18

รูปที่ 4.18 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์เบื้องต้น

4.7 การทดลองเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้นักศึกษาหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ค่าคงที่อัตรา หาผลของความเข้มข้นและอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

วิธีการเตรียมสารเคมี

1) การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1.1 สารละลาย 0.2 M KI ปริมาตร 100 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ KI มีมวลโมเลกุล (MW) = 166.00 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- น้ำหนัก KI ที่ต้องชั่ง $= \frac{166\ \text{g/mol} \times 0.2\ \text{mol/L} \times 100\ \text{mL}}{10 \times 99\ \text{g/g}} = 3.35\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่ง KI จำนวน 3.35 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 100 mL

1.2 สารละลาย 0.01 M $Na_2S_2O_3$ ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $Na_2S_2O_3$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 248.18 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.5%

- น้ำหนัก $Na_2S_2O_3$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{248.18\ \text{g/mol} \times 0.01\ \text{mol/L} \times 50\ \text{mL}}{10 \times 99.5\ \text{g/g}} = 0.12\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $Na_2S_2O_3$ จำนวน 0.12 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.3 สารละลาย 0.1 M $(NH_4)_2S_2O_8$ ปริมาตร 100 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $(NH_4)_2S_2O_8$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 228.19 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- น้ำหนัก $(NH_4)_2S_2O_8$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{228.19\ \text{g/mol} \times 0.1\ \text{mol/L} \times 100\ \text{mL}}{10 \times 98\ \text{g/g}} = 2.33\ \text{g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $(NH_4)_2S_2O_8$ จำนวน 2.33 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 100 mL

1.4 สารละลายน้ำแป้ง 5 (%w/v) ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

- สารละลายน้ำแป้ง 100 mL มีเนื้อสาร = 5 g

  ถ้าสารละลายน้ำแป้ง 50 mL มีเนื้อสาร $= \frac{5\ \text{g} \times 50\ \text{mL}}{100\ \text{mL}}$

  $= 2.50\ \text{g}$

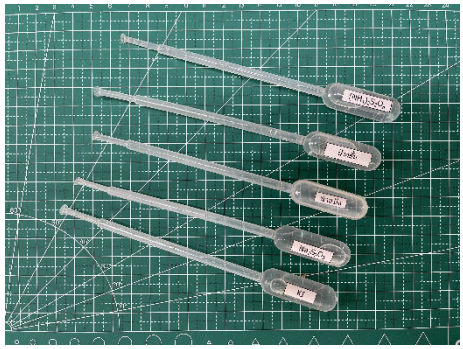
ดังนั้นต้องชั่งแป้ง จำนวน 2.50 g

- สารละลายน้ำแป้ง เตรียมโดยละลายแป้งที่ชั่งมา 2.50 g ด้วยน้ำปราศจากไอออนประมาณ 10 mL ค่อย ๆ เทลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำเดือดประมาณ 20 mL คนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งให้เย็นที่อุณภูมิห้อง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.5 น้ำปราศจากไอออน (Deionized water : Type II) ตวงน้ำ DI ปริมาตร 50 mL ใส่บีกเกอร์ขนาด 100 mL

วิธีการจัดเตรียม

1) จัดสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย 0.2 M KI, 0.01 M $Na_2S_2O_3$, 0.1 M $(NH_4)_2S_2O_8$, 5 (%w/v) น้ำแป้ง และน้ำ DI บรรจุใส่หลอดปิเปตต์พลาสติกให้ทุกกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 สารเคมีที่บรรจุในหลอดปิเปตต์พลาสติก

2) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL จำนวน 2 ใบ
- หลอดทดลอง (Test tube) จำนวน 6 หลอด
- ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack) จำนวน 1 อัน
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) จำนวน 1 อัน
- นาฬิกาจับเวลา (Watch) จำนวน 1 อัน
- จัดใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

3) เตรียมกะละมังใส่น้ำแข็งเกล็ดใช้ส่วนกลาง จำนวน 1 กะละมัง

4) ทำการเปิดอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 50 ^{o}C

5) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา แสดงดังรูปที่ 4.20

รูปที่ 4.20 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา

4.8 การทดลองเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีเบื้องต้น

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้นักศึกษาได้ศึกษาคุณสมบัติของขั้วแคโทด ขั้วแอโนด สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution) หาทิศทางการไหลของกระแส การดุลสมการครึ่งเซลล์และปฏิกิริยารวมของเซลล์แกลวานิก รวมถึงการคำนวณศักย์ไฟฟ้าของเซลล์แกลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์

วิธีการเตรียมสารเคมี

1) การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1.1 สารละลาย 1.0 M $CuSO_4$ ปริมาตร 200 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $CuSO_4$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 249.68 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- น้ำหนัก $CuSO_4$ ที่ต้องชั่ง $= \dfrac{249.68 \text{ g/mol} \times 1.0 \text{ mol/L} \times 200 \text{ mL}}{10 \times 99 \text{ g/g}} = 50.44 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $CuSO_4$ จำนวน 50.44 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 200 mL

1.2 สารละลาย 1.0 M $ZnSO_4$ ปริมาตร 200 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $ZnSO_4$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 287.54 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.5%

- น้ำหนัก $ZnSO_4$ ที่ต้องชั่ง $= \dfrac{287.54 \text{ g/mol} \times 1.0 \text{ mol/L} \times 200 \text{ mL}}{10 \times 99.5 \text{ g/g}} = 57.80 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง $ZnSO_4$ จำนวน 57.80 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 200 mL

1.3 สารละลาย 3.0 M KCl ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ KCl มีมวลโมเลกุล (MW) = 74.55 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.8%

- น้ำหนัก KCl ที่ต้องชั่ง $= \dfrac{74.55 \text{ g/mol} \times 3.0 \text{ mol/L} \times 50 \text{ mL}}{10 \times 99.8 \text{ g/g}} = 11.20 \text{ g}$

ดังนั้นต้องชั่ง KCl จำนวน 11.20 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 50 mL

1.4 สารละลาย 1.0 M H_2SO_4 ปริมาตร 2000 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ H_2SO_4 มีมวลโมเลกุล (MW) = 98.08 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.84 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 98.0%

- ปริมาตร H_2SO_4 ที่ต้องปิเปตต์ $= \dfrac{98.08 \text{ g/mol} \times 1.0 \text{ mol/L} \times 2000 \text{ mL}}{10 \times 98 \text{ mL/mL} \times 1.84 \text{ g/mL}}$

$= 108.78$ mL

ดังนั้นต้องปิเปตต์ H_2SO_4 จำนวน 108.78 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 2000 mL

วิธีการจัดเตรียม

1) จัดสารเคมีที่ใช้ในการทดลองไว้ที่โต๊ะส่วนกลางและโต๊ะวางสารเคมี ประกอบด้วย 1.0 M $CuSO_4$, 1.0 M $ZnSO_4$ และ 1.0 M H_2SO_4 เพื่อให้นักศึกษามาปิเปตต์และตวงไปทดลองที่โต๊ะของตัวเอง แสดงดังรูปที่ 4.21

(ก) 1.0 M $CuSO_4$ (ข) 1.0 M $ZnSO_4$ (ค) 1.0 M H_2SO_4

รูปที่ 4.21 การจัดสารเคมีในการทดลองเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีเบื้องต้น

2) จัดแยกวัสดุ อุปกรณ์ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 mL และสารเคมี ประกอบด้วย แผ่น Copper metal, แผ่น Zinc metal, ลวดทองแดง (Copper wire; Cu), ลวดนิโครม (Nickel - Chromium wire; Ni - Cr), หลอดพลาสติก (Plastic tubes), ยางรัด (Rubber band), ปากคีบแสตนเลส (Forceps), Chromatography paper ขนาด 0.5 x 10 cm, กระดาษทราย, กระดาษทิชชู่ และ 3.0 M KCl ใส่ในตะกร้าไว้ที่โต๊ะส่วนกลางหน้าห้องปฏิบัติการ 1 ชุด แสดงดังรูปที่ 4.22 เพื่อให้นักศึกษามาแบ่งไปใช้ที่โต๊ะของตัวเอง

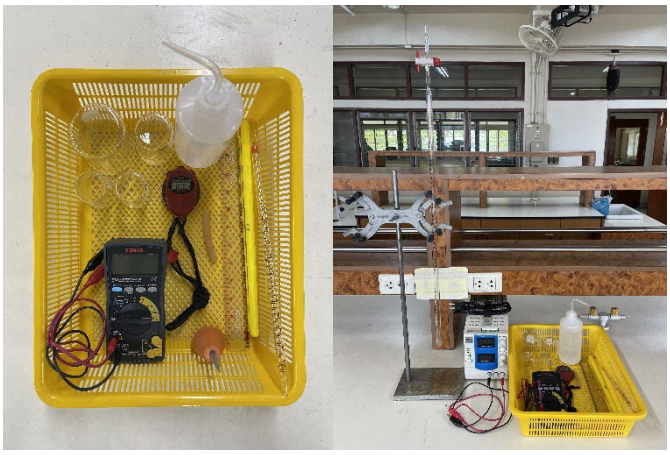
รูปที่ 4.22 ตะกร้าอุปกรณ์การทดลองและสารเคมีสำหรับให้นักศึกษาใช้ส่วนกลาง

3) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL จำนวน 1 ใบ
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL จำนวน 1 ใบ
- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 mL จำนวน 2 ใบ
- บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand จำนวน 1 ชุด
- ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 10 mL จำนวน 1 อัน
- ลูกยางปิเปตต์ (Pipette rubber) จำนวน 1 ชิ้น
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) จำนวน 1 อัน
- นาฬิกาจับเวลา (Watch) จำนวน 1 อัน
- ไม้บรรทัด จำนวน 1 อัน
- ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle) จำนวน 1 ขวด
- สายยาง (Rubber tubes) จำนวน 1 เส้น
- เครื่องมัลติมิเตอร์พร้อมสายวัดขั้วบวกและขั้วลบ จำนวน 1 ชุด
- จัดใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

4) ทำการเปิดเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที ตั้งกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 250 mA (ดูรายละเอียดการตั้งค่าในหัวข้อ 3.4.2.2 เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง)

5) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเบื้องต้น แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีเบื้องต้น

4.9 การทดลองเรื่อง สารประกอบอินทรีย์

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้นักศึกษาได้ทดสอบการเผาไหม้, ทดสอบความไม่อิ่มตัว, ทดสอบสภาพละลายได้, ทดสอบความสามารถในการถูกออกซิไดซ์ และทดสอบกลิ่นจากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของสารประกอบอินทรีย์

วิธีการเตรียมสารเคมี

1) การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1.1 สารละลายโบรมีนในคลอโรฟอร์ม (Br_2 in $CHCl_3$) 2 (%v/v) ปริมาตร 50 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

- สารละลายคลอโรฟอร์ม 100 mL มีเนื้อสาร Br_2 = 2 mL

ถ้าสารละลายคลอโรฟอร์ม 50 mL มีเนื้อสาร Br_2 = $\frac{2\ mL \times 50\ mL}{100\ mL}$

= 1 mL

ดังนั้นต้องปิเปตต์โบรมีน จำนวน 1 mL ใส่ในคลอโรฟอร์ม และปรับปริมาตรด้วยคลอโรฟอร์มจนครบ 50 mL (ทำการเตรียมในตู้ดูดควัน)

1.2 สารละลาย 2.0 M CH_3COOH ปริมาตร 200 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ CH_3COOH มีมวลโมเลกุล (MW) = 60.05 g/mol ความหนาแน่น (d) = 1.05 g/mL มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.7% มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้

- ปริมาตร CH_3COOH ที่ต้องปิเปตต์ = $\frac{60.05\ g/mol \times 2.0\ mol/L \times 200\ mL}{10 \times 99.7\ mL/mL \times 1.05\ g/mL}$

= 22.95 mL

ดังนั้นต้องปิเปตต์ CH_3COOH จำนวน 22.95 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 200 mL

1.3 สารละลาย 0.04 M $KMnO_4$ ปริมาตร 100 mL มีวิธีการคำนวณปริมาณสารและวิธีการเตรียมดังนี้ $KMnO_4$ มีมวลโมเลกุล (MW) = 158.03 g/mol มีความบริสุทธิ์ (%Assay) = 99.0%

- น้ำหนัก $KMnO_4$ ที่ต้องชั่ง $= \frac{158.03\ g/mol \times 0.04\ mol/L \times 100\ mL}{10 \times 99\ g/g} = 0.64\ g$

ดังนั้นต้องชั่ง $KMnO_4$ จำนวน 0.64 g ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนจนครบ 100 mL

1.4 Naphthalene ($C_{10}H_8$) ชั่งมา 3.0xx – 5.0xx g บดให้ละเอียดด้วยโกร่งบดสาร แล้วนำใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.5 Benzoic acid ($C_7H_6O_2$) ชั่งมา 3.0xx – 5.0xx g บดให้ละเอียดด้วยโกร่งบดสาร แล้วนำใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.6 Hexane (C_6H_{14}) ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 2 ขวด ใช้ในการทดสอบการเผาไหม้, ทดสอบความไม่อิ่มตัว จำนวน 1 ขวด และใช้ในการทดสอบสภาพละลายได้ จำนวน 1 ขวด พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.7 Cyclohexene (C_6H_{10}) ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบการเผาไหม้และทดสอบความไม่อิ่มตัว พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.8 Toluene (C_7H_8) ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบความไม่อิ่มตัว พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.9 Formic acid (HCOOH) ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบสภาพละลายได้ พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.10 Acetone (C_3H_6O) ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 2 ขวด ใช้ในการทดสอบสภาพละลายได้ จำนวน 1 ขวด และใช้ในการทดสอบแอลดีไฮด์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จำนวน 1 ขวด พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.11 น้ำปราศจากไอออน (Deionized water : Type II) ตวงน้ำ DI ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบสภาพละลายได้ พร้อมติดฉลากชื่อกำกับ

1.12 Chloroform ($CHCl_3$) ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบสภาพละลายได้ พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

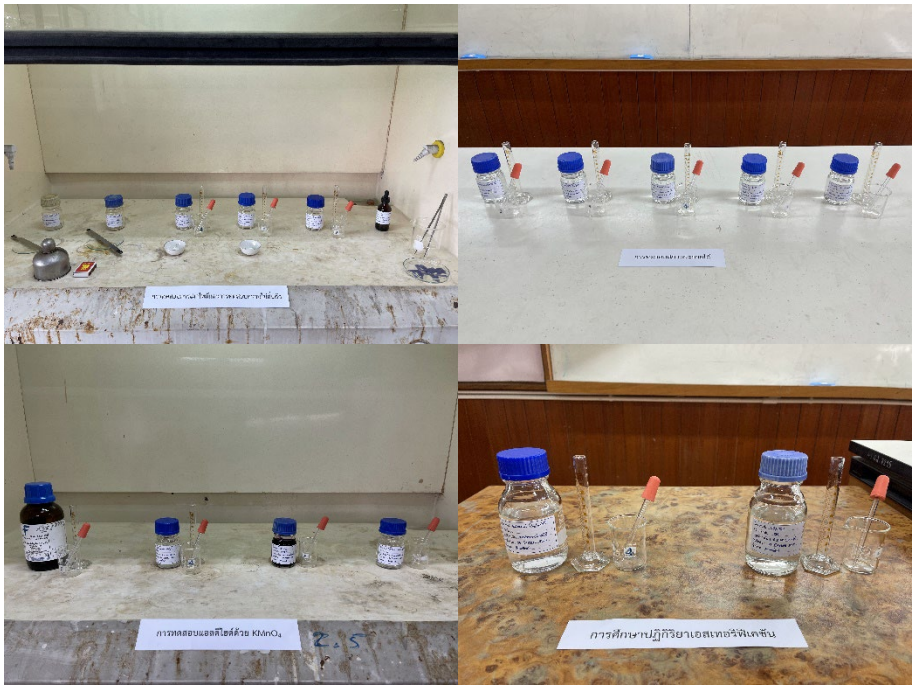
1.13 Acetaldehyde (C_2H_4O) วางขวดสารเคมีในตู้ดูดควัน จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบแอลดีไฮด์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

1.14 Sulfuric acid (H_2SO_4) conc. ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 100 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 100 mL จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบแอลดีไฮด์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

1.15 Ethanol (C_2H_5OH) ตวงสารละลายจากขวด Stock ปริมาตร 200 mL ใส่ขวด Duran ขนาด 250 mL จำนวน 1 ขวด ใช้ในการทดสอบปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน พร้อมติดฉลากชื่อสารเคมี

วิธีการจัดเตรียม

1) จัดสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด พร้อมด้วยบีกเกอร์ขนาด 50 mL กระบอกตวง ขนาด 10 mL ชามระเหย ตะเกียงแอลกอฮอล์ ช้อนตักสารสแตนเลส และหลอดหยด ครบชุดสารเคมี ไว้ที่โต๊ะส่วนกลางและโต๊ะวางสารเคมี เพื่อให้นักศึกษามาตวงทำการทดลองที่จุดวางสารเคมี แสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 การจัดสารเคมีในการทดลองเรื่อง สารประกอบอินทรีย์

2) จัดเตรียมกระดาษลิตมัสสีน้ำเงินชื้นและปากคีบสแตนเลส (Forceps) ใส่ในตะกร้าไว้ใกล้จุดทดสอบความไม่อิ่มตัว 1 ชุด

3) จัดอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับให้นักศึกษาใช้ในการทดลอง ต่อ 1 กลุ่ม ประกอบด้วย

- บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL จำนวน 2 ใบ
- หลอดทดลอง (Test tube) จำนวน 15 หลอด
- ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack) จำนวน 2 อัน
- จุกดำปิดหลอดทดลอง จำนวน 6 อัน
- กระดาษดำหุ้มหลอดทดลอง ขนาด 10 x 15 cm จำนวน 3 แผ่น
- ยางรัด (Rubber band) จำนวน 5 เส้น
- จัดใส่ในตะกร้าการทดลอง จำนวน 10 ตะกร้า

4) เตรียมกะละมังใส่น้ำแข็งเกล็ดใช้ส่วนกลาง จำนวน 1 กะละมัง

5) ทำการเปิดอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ทิ้งไว้ประมาณ 20 – 30 นาที ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 85 °C

6) เสร็จสิ้นการเตรียมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ แสดงดังรูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 ตะกร้ารวมอุปกรณ์การทดลองเรื่อง สารประกอบอินทรีย์

บทที่ 5
ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

คู่มือปฏิบัติงานการเตรียมปฏิบัติการหลักเคมี (CHEM1111) ฉบับนี้ ผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาอุปสรรค แนวทางการแก้ไขปัญหา และข้อเสนอแนะที่ได้จากการปฏิบัติงานจริง โดยสรุปดังนี้

5.1 ปัญหาอุปสรรค และแนวทางแก้ไข

ตารางที่ 5.1 ปัญหาอุปสรรค และแนวทางแก้ไขในการปฏิบัติงาน

ลำดับที่	ปัญหาและอุปสรรค	แนวทางแก้ไข
1.	ตารางเรียนบางรายวิชาที่มีการปฏิบัติจำนวนนักศึกษาไม่สอดคล้องกับความจุผู้เรียนต่อห้องปฏิบัติการที่ต้องการใช้จริง	ดำเนินการแจ้งอาจารย์ผู้สอน และอาจารย์ฝ่ายวิชาการเพื่อปรับแก้ตารางเรียนหรือโยกย้ายห้องเรียนห้องปฏิบัติการให้ตรงตามความเหมาะสมกับการใช้ห้องปฏิบัติการ
2.	การจัดเตรียมอุปกรณ์หรือเครื่องมือเฉพาะทางที่ใช้ทดสอบในบางบทปฏิบัติการ อาจเกิดปัญหาด้านอุปกรณ์หรือเครื่องมือไม่ครบตามความต้องการ ไม่มีหรืออยู่ในระหว่างทำการซ่อมแก้ไข	ดำเนินการแจ้งอาจารย์ผู้สอนล่วงหน้า 5 – 7 วัน เพื่อทำการวางแผนและปรับเปลี่ยนงานให้สอดคล้องกับความต้องการในการลงมือปฏิบัติจริงของนักศึกษา
3.	เครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการ เกิดปัญหาขึ้นขณะทำการปฏิบัติ เช่น ฟิวส์ขาด ถ่านที่ใช้ในเครื่องมือหมดสภาพ อุปกรณ์ไม่ตรงกับความต้องการในการปฏิบัติ ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองได้	ดำเนินการเปลี่ยนฟิวส์ คอยตรวจสอบการต่อวงจรขณะทำการทดลอง และทำการปรับตั้งเครื่องมือให้ตรงค่าที่ต้องการทดลอง
4.	นักศึกษาใช้สารเคมีในการทดลองมากเกินความจำเป็น	ดำเนินการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ต่อกลุ่ม และแบ่งเป็นชุด ทยอยแบ่งสารออกมาขณะที่นักศึกษาทำการทดลอง และดูแลความเรียบร้อยระหว่างที่นักศึกษาลงมือปฏิบัติการ เป็นการควบคุมการใช้สารเคมีของนักศึกษาได้
5.	เครื่องมือ อุปกรณ์ ชำรุดเสียหายบ่อย	หมั่นตรวจสอบและกำชับในการใช้งาน และคอยให้คำปรึกษาขณะทำการทดลอง หรือการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การตรวจสอบอุปกรณ์ เครื่องมือ หลังการใช้เป็นประจำ เป็นการยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการได้

2. เนื่องจากการเตรียมปฏิบัติการในรายวิชาหลักเคมีเป็นงานที่ซับซ้อนทั้งการเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และการเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องมีการวางแผนเวลาการทำงานและเข้าใจปฏิบัติการที่จะทำการทดลอง เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

คณะกรรมการดำเนินงานการจัดการความรู้. (2562). **แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

คณาจารย์ภาควิชาเคมี. (2563). **ปฏิบัติการหลักเคมี**. เชียงใหม่. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบทศนิยม. (12 ธันวาคม 2566). เข้าถึงได้จาก : https://www.thaivictory.co.th/product/666838

ธีรยุทธ วิไลวัลย์, สุชาดา ชินะจิตร และ จุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์. (2560). **ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่นักเคมี (มัก) มองข้าม**. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเสริฐ ศรีไฟโรจน์. (2539). **เทคนิคทางเคมี**. กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ลักษณ์นารา คำรศ. (2565). **การจัดการสารเหลือทิ้งที่มีทองแดงเจือปน เพื่อเตรียมเป็นสารเคมีสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ**. เชียงใหม่. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

วิจิตร รัตนพานี. (2540). **คู่มือเตรียมปฏิบัติการเคมี**. เชียงใหม่. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์. (2563). **คู่มือความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี สำหรับนิสิตที่ทำวิจัยและนักวิจัย**. คณะกรรมการความปลอดภัยด้านเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สราวุฒิ สมนาม. (2557). **เคมีวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุชา โพธิ์สุวรรณ. (2564). **คู่มือปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิศวกรรม**. ปทุมธานี. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ภาคผนวก

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 1 สารเคมีในห้องปฏิบัติการเคมี

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	หมายเหตุ นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	ขาด	ชำรุด
1	หนังสือเรื่อง เทคนิคทางเคมี	1			
2	เอกสารประกอบเรื่อง สารเคมี	1			
3	ฉลากสารเคมีหมายเลข 1 Sodium Hydroxide (NaOH)	1			
4	ฉลากสารเคมีหมายเลข 2 Dichloromethane (CH_2Cl_2)	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลองทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว
☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก .....

ลงชื่อ .....
(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ
ลงชื่อ .....
(.....)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 2 การเลือกใช้อุปกรณ์และเลขนัยสำคัญ

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	**รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์**	**จำนวน**	**<u>หมายเหตุ</u>** นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	**ขาด**	**ชำรุด**
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL	2			
2	กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 mL	1			
3	ปิเปตต์ประเภท Volumrtric pipette ขนาด 10 mL	1			
4	ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 10 mL	1			
5	ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL	1			
6	ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)	1			
7	กรวยพลาสติก (Funnel plastic)	1			
8	บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลอง ทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว
☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก
.....
ลงชื่อ .....
(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ
ลงชื่อ .....
(.....)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 3 การเตรียมสารละลาย

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	หมายเหตุ นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	ขาด	ชำรุด
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL	2			
2	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 mL	2			
3	ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL	2			
4	ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 mL	1			
5	ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25 mL	3			
6	ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 25 mL	1			
7	ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 10 mL	1			
8	ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)	1			
9	แท่งแก้วคน (Stirring rod)	1			
10	หลอดหยด (Dropper)	1			
11	ลูกยางปิเปตต์ (Pipette rubber)	1			
12	กรวยพลาสติก (Funnel plastic)	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลอง ทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว

☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก .....

ลงชื่อ .....

(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ

ลงชื่อ .....

(.....)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 4 การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารและปริมาณสารสัมพันธ์

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	**หมายเหตุ** นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	ขาด	ชำรุด
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL	2			
2	ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL	1			
3	กรวยกรอง (Glass funnel)	1			
4	ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)	1			
5	แท่งแก้วคน (Stirring rod)	1			
6	กระจกนาฬิกา (Watch glass)	1			
7	กรวยพลาสติก (Funnel plastic)	1			
8	บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลอง ทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว
☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก
.....
ลงชื่อ .....
(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ
ลงชื่อ .....
(.....)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 5 สมดุลเคมี

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	**รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์**	**จำนวน**	**<u>หมายเหตุ</u>** นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	**ขาด**	**ชำรุด**
1	กระดาษแผนผังวิธีการทดลอง	1			
2	จานหลุมพลาสติกชนิด 12 หลุม	1			
3	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL	2			
4	หลอดทดลอง (Test tube)	3			
5	ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลอง ทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็น ผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว
☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก
.....
ลงชื่อ .....
(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ
ลงชื่อ .....
(.....)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 6 การไทเทรตกรด - เบส และอินดิเคเตอร์

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	**รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์**	**จำนวน**	**<u>หมายเหตุ</u>** นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	**ขาด**	**ชำรุด**
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL	1			
2	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL	1			
3	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 mL	1			
4	ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL	6			
5	ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL	1			
6	ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 25 mL	1			
7	ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)	1			
8	แท่งแก้วคน (Stirring rod)	1			
9	หลอดหยด (Dropper)	1			
10	ลูกยางปิเปตต์ (Pipette rubber)	1			
11	กรวยพลาสติก (Funnel plastic)	1			
12	หลอดทดลอง (Test tube)	6			
13	ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)	1			
14	บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลองทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว

☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก .....

ลงชื่อ .....

(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ

ลงชื่อ .....

(.....)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 7 อัตราการเกิดปฏิกิริยา

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	หมายเหตุ นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	ขาด	ชำรุด
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL	2			
2	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)	1			
3	นาฬิกาจับเวลา	1			
4	หลอดทดลอง (Test tube)	6			
5	ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลอง ทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว
☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก
.....
ลงชื่อ .....
(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ
ลงชื่อ .....
(.....)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 8 เซลล์ไฟฟ้าเคมีเบื้องต้น

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	**รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์**	**จำนวน**	**<u>หมายเหตุ</u>** นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	**ขาด**	**ชำรุด**
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL	1			
2	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 mL	1			
3	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 mL	2			
4	ปิเปตต์ประเภท Measuring pipette ขนาด 10 mL	1			
5	ลูกยางปิเปตต์ (Pipette rubber)	1			
6	เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)	1			
7	นาฬิกาจับเวลา (Watch)	1			
8	ไม้บรรทัด	1			
9	ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)	1			
10	สายยาง (Rubber tubes)	1			
11	บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL + ชุด Stand	1			
12	เครื่องมัลติมิเตอร์พร้อมสายวัดขั้วบวกและขั้วลบ	1			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลอง ทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว

☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก .....

ลงชื่อ .....

(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ

ลงชื่อ .....

(.....)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

แบบฟอร์มการตรวจสอบวัสดุ – อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

****

การทดลองที่ 9 สารประกอบอินทรีย์

วันที่ทำการทดลอง ..... กลุ่มการทดลองที่ ..... Section .....

ผู้ทำการตรวจสอบ ..... รหัสประจำตัว ..... หมู่เรียน .....

รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

ลำดับที่	รายการวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	หมายเหตุ นักศึกษาทำการตรวจสอบ กรุณาระบุจำนวน		
			ครบ	ขาด	ชำรุด
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 mL	2			
2	จุกดำปิดหลอดทดลอง	6			
3	กระดาษดำหุ้มหลอดทดลอง ขนาด 10 x 15 cm	3			
4	ยางรัด (Rubber band)	5			
5	หลอดทดลอง (Test tube)	15			
6	ที่วางหลอดทดลอง (Test tube rack)	2			

ข้อตกลงเบื้องต้น : นักศึกษาทำการตรวจสอบวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในตะกร้าการทดลองทุกชิ้น หากมีจำนวนไม่ครบ/ชำรุด ต้องรีบแจ้งต่ออาจารย์ผู้สอน เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนเริ่มทำการทดลองทุกครั้ง มิฉะนั้นหากตรวจพบมีการชำรุดท้ายชั่วโมง นักศึกษากลุ่มที่ทำการทดลองจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าเสียหายของวัสดุ - อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ชำรุดนั้น ๆ

ลงชื่อ .....
(นาย/น.ส. .....)
ผู้ตรวจสอบ

เรียน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเพื่อพิจารณา
ลงชื่อ .....
(.....)
อาจารย์ผู้สอน

☐ ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว
☐ ไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจาก
.....
ลงชื่อ .....
(ว่าที่ ร.ต.หญิง ลักษณ์นารา คำรศ)
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี

รับทราบ
ลงชื่อ .....
(.....)
หัวหน้าภาควิชาเคมี