แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

เนื้อหาประจำบท

ประเภทของการวิเคราะห์ทางเคมี

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

การวิธีวิเคราะห์ตามปริมาณของสารตัวอย่าง

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมี

หน่วยของการวัด

การเตรียมสารละลาย

หน่วยสำหรับบอกความเข้มข้นของสารละลาย

อุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. มีความรู้ ความเข้มใจ สามารถบอกความหมายและประเภทของเคมีวิเคราะห์ได้
2. สามารถแบ่งวิธีวิเคราะห์ทางเคมีได้
3. อธิบายเทคนิคและขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเคมีและนำไปประยุกต์ใช้ได้
4. อธิบายการวัด หน่วยของการวัด และนำไปใช้ในงานทางเคมีวิเคราะห์ได้
5. อธิบายหน่วยความเข้มข้นของสารละลายและเตรียมสารละลายในหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ ได้
6. สามารถใช้อุปกรณ์พื้นฐานทางเคมีได้อย่างถูกต้อง

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอนรายวิชาเคมีวิเคราะห์
2. ผู้สอนบรรยายภาคทฤษฎีประกอบสื่อการสอนในลักษณะโปรแกรมนำเสนอ
3. อภิปรายร่วมกันระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หลังการบรรยายและสรุปสาระสำคัญ
4. มอบหมายให้ผู้เรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากเอกสาร ตำรา และสื่ออื่น ๆ
5. ให้ผู้เรียนทำคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเคมีวิเคราะห์
2. หนังสือ วารสาร และสื่ออิเล็กทรอนิกส์

การวัดผลและการประเมินผล

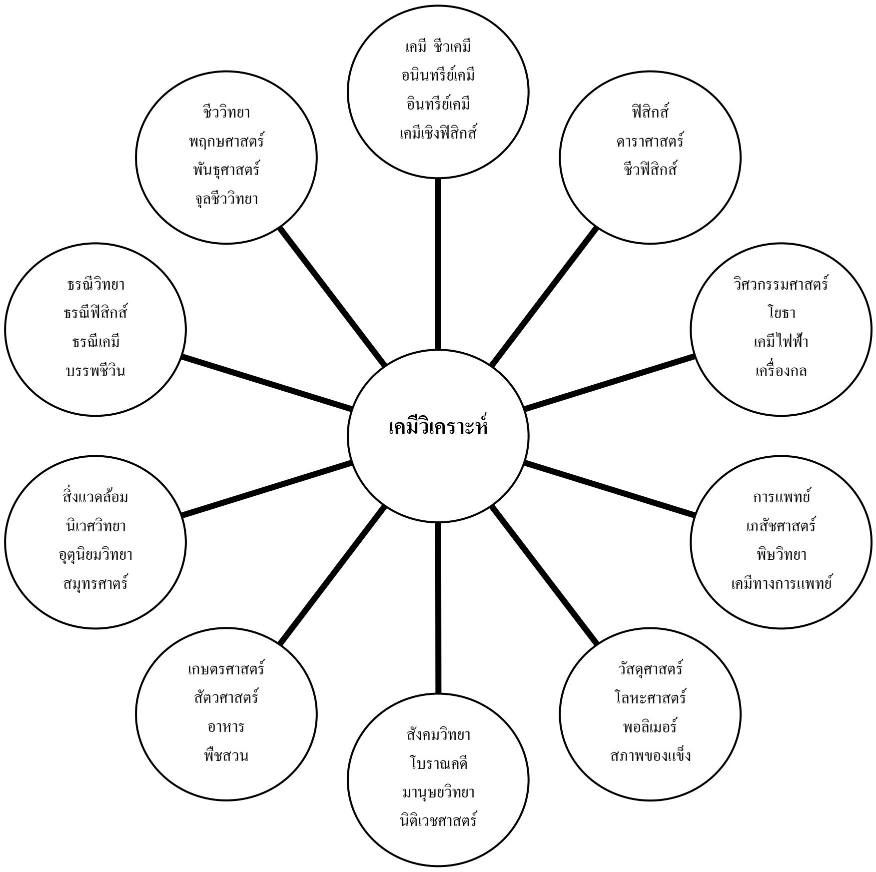
1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน ความตั้งใจ การจดบันทึก การมีส่วนร่วมในการเรียน
2. สังเกตจากการซักถามและตอบปัญหาของผู้เรียน
3. แบบทดสอบ

บทที่ 1
บทนำเกี่ยวกับเคมีวิเคราะห์
(Introduction of Analytical Chemistry)

เคมีวิเคราะห์เป็นแขนงหนึ่งของวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางเคมีในการวัด การหาองค์ประกอบต่าง ๆ ทางเคมีของสสาร การหาปริมาณ ซึ่งต้องประกอบด้วยการคิดวิเคราะห์และวิธีการที่หลากหลาย นอกจากเคมีวิเคราะห์จะมีความสำคัญต่องานทางด้านเคมีในสาขาอื่น ๆ ได้แก่ ฟิสิกส์ ดาราศาสตร์ เครื่องกล บรรพชีวิน สังคมวิทยา และโบราณคดี เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม ศิลปะการสำรวจอวกาศ และการวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อรวบรวมและตีความหมายของข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพนั้น เป็นการวิเคราะห์หาชนิดของสารเคมีในตัวอย่าง เช่น การวิเคราะห์ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นสาเหตุให้น้ำเน่าเสีย ต้องทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพหาชนิดของสารเคมีที่เป็นสาเหตุให้น้ำเน่าเสีย ซึ่งอาจมีพวกโลหะหนัก เช่น ปรอท สารหนู ตะกั่ว ปะปนมากับน้ำทิ้ง การวิเคราะห์เชิงคุณภาพนี้จะทำให้ทราบถึงชนิดของสารต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้น้ำเน่าเสีย สำหรับปริมาณของสารต่าง ๆ ที่ปะปนมากับน้ำทิ้งนั้นสามารถทราบได้จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณต่อไป

ความสำคัญของเคมีวิเคราะห์

เคมีวิเคราะห์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบหรือการศึกษาเกี่ยวกับสารเคมีที่สนใจรวมไปถึงการพัฒนาเครื่องมือหรือวิธีสำหรับการตรวจสอบต่าง ๆ นอกจากนี้แล้วเคมีวิเคราะห์ยังมีบทบาทต่อวิทยาศาสตร์อีกหลายแขนง ดังภาพประกอบที่ 1.1 สำหรับตัวอย่างการนำเคมีวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์อื่น ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ความเข้มข้นของ O_2 และ CO_2 ในตัวอย่างเลือดสำหรับการวินิจฉัยและรักษาการเจ็บป่วย การวิเคราะห์ไอออนแคลเซียมในซีรัมเลือด (blood serum) เพื่อวินิจฉัยโรคพาราไทรอยด์ (parathyroid) ในคนในทางการแพทย์ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินเพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารของดินสำหรับการเพาะปลูกพืชในทางการเกษตร หรือการวิเคราะห์เหล็กกล้าระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของธาตุที่สำคัญเพื่อให้ได้วัสดุที่แข็ง เหนียว ทนการกัดกร่อนในทางวัสดุศาสตร์ เป็นต้น (วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ, ม.ป.ป. : 2-3)



ภาพประกอบที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเคมีวิเคราะห์ เคมีแขนงต่าง ๆ และวิทยาศาสตร์อื่น ๆ
ที่มา : ดัดแปลงจาก Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. & Crouch, S.R. (2013 : 45)

ประเภทของการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณดังนี้ (ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล, 2557 : 3-4 และ Kenkel, J., 2014 : 2)

1. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (qualitative analysis) คือ การวิเคราะห์ที่ต้องการตรวจสอบชนิดหรือรูปแบบของสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบว่าประกอบด้วยไอออน โมเลกุล ธาตุ สารประกอบ หมู่ฟังก์ชัน รวมไปถึงลักษณะทางโครงสร้างของสารเหล่านั้นด้วย โดยการตรวจสอบตัวอย่างจะดำเนินการภายใต้สภาวะที่มีความจำเพาะและเหมาะสม ทำได้โดยการควบคุมสภาวะการทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุอ้างอิง และการประเมินผลของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative analysis) คือ การวิเคราะห์ที่ต้องการตรวจสอบหาปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ หรือสารประกอบต่าง ๆ ที่มีในสารตัวอย่างซึ่งอาจ

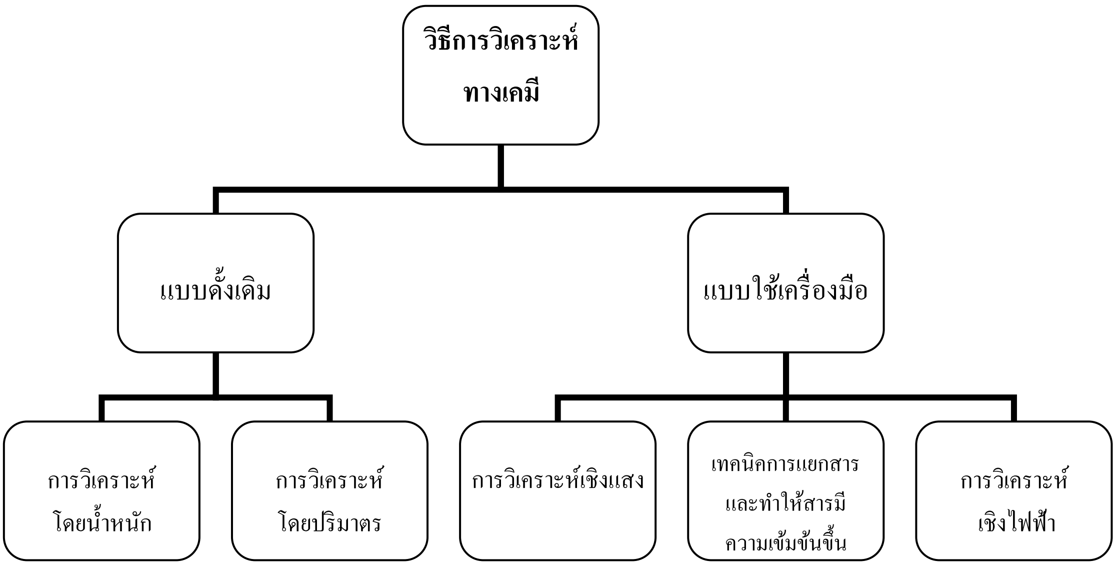
มีมากกว่า 1 ชนิด ก็ได้ โดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างกับสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณที่แน่นอน ซึ่งต้องทำภายใต้เงื่อนไขและการควบคุมสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลองให้เหมือนกัน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ได้ข้อมูล ที่มีความแม่น (accuracy) และความเที่ยง (precision) จำเป็นต้องมีการทำซ้ำในกระบวนการตรวจสอบนั้น ๆ แล้วนำข้อมูลมาคำนวณและประเมินผลทางสถิติ

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ (2555 : 2-3) ได้อธิบายวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถจำแจกได้ 2 ชนิดคือ

1. วิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม (classical method) คือ วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้อุปกรณ์พื้นฐานทางเคมี เช่น กระบอกตวง ปิเปต บิวเรต ขวดวัดปริมาตร บีกเกอร์ และเครื่องชั่ง เป็นต้น สำหรับหามวลของสารตัวอย่าง ได้แก่ การวิเคราะห์โดยปริมาตร (volumetric analysis) เช่น การวิเคราะห์แบบการไทรเตรต (titration) เป็นต้น และการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (gravimetric analysis) เช่น การวิเคราะห์แบบตกตะกอน (precipitation) เป็นต้น

2. วิธีวิเคราะห์แบบใช้เครื่องมือ (instrumental method) คือ เป็นการวิเคราะห์ที่อาศัยเครื่องมือที่ทันสมัย ซึ่งการวิเคราะห์อาจจะใช้เครื่องมือช่วยวิเคราะห์ในบางขั้นตอนหรืออาจใช้ทั้งหมดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการทดลอง ตัวอย่างเช่นในการไทเทรตกรด-เบส อาจใช้มาตรวัดความเป็นกรด-เบส (pH meter) มาใช้ในการหาจุดยุติแทนการใช้อินดิเคเตอร์ การวิเคราะห์โดยการใช้เทคนิคทางแสง (optical techniques) เป็นการวัดพลังงานของแสงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกดูดกลืนโดยสารหรือถูกเปล่งออกมาจากสาร เป็นต้น



ภาพประกอบที่ 1.2 วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ที่มา : ดัดแปลงจาก ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์ (2555 : 3)

การวิเคราะห์ตามปริมาณสารตัวอย่าง

คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ์ (2558 : 6) ได้อธิบายถึงการจำแนกวิธีการวิเคราะห์ตามปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์มหภาค (macro analysis) เป็นวิธีที่ใช้สารตัวอย่างปริมาณมากกว่า 100 มิลลิกรัม หรือปริมาตร 10-100 มิลลิลิตร วิธีการนี้จะสิ้นเปลืองสารเคมีในการวิเคราะห์ตามปริมาณตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และต้องใช้เวลานาน

2. การวิเคราะห์กึ่งจุลภาค (semimicro analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้กับสารตัวอย่างที่มีปริมาณระหว่าง 10-100 มิลลิกรัม หรือปริมาตร 0.1-5 มิลลิลิตร สามารถลดความสิ้นเปลืองสารเคมี ประหยัดเวลา เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์มหภาค

3. การวิเคราะห์จุลภาค (micro analysis) เป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีปริมาณระหว่าง 1-10 มิลลิกรัม หรือปริมาตร 0.01-0.1 มิลลิลิตร วิธีนี้เหมาะสำหรับผู้ที่มีความชำนาญหรือเชี่ยวชาญเฉพาะในแต่ละสาขาที่ทำการวิเคราะห์

4. การวิเคราะห์อติจุลภาค (ultramicro analysis) เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีปริมาณระหว่าง 0.001-1 มิลลิกรัม โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เฉพาะ และผู้วิเคราะห์จะต้องมีความชำนาญหรือเชี่ยวชาญสูง

5. การวิเคราะห์ย่อยอติจุลภาค (submicrogram analysis) เป็นวิธีที่ต้องใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ และผู้วิเคราะห์จะต้องมีความชำนาญสูง เช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์แบบจุลภาคและอติจุลภาคแต่ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จะน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัม

สามารถจำแนกวิธีการวิเคราะห์ตามปริมาณของสารที่ต้องการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การจำแนกวิธีวิเคราะห์ตามปริมาณขององค์ประกอบที่มีในสารตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์	**ปริมาณองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง**
major constituent analysis	มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์
minor constituent analysis	0.01-1 เปอร์เซ็นต์
trace constituent analysis	น้อยกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์
ultratrace constituent analysis	ส่วนในล้านส่วน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Fifield, F.W. & Kealey, D. (2000 : 9)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมี

ศิริพร จันทรคีรี (2557 : 2-5) ได้อธิบายการวิเคราะห์ทางเคมี สามารถแบ่งออกเป็นลำดับขั้นตอนได้ 7 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีความสำคัญต่อคุณภาพและความถูกต้องของผลการทดลองที่ต้องการ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหา กำหนดจุดประสงค์ของการทดลอง และสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ควรวิเคราะห์ปัญหาให้ถี่ถ้วน มีจุดประสงค์และขอบเขตของการทดลองชัดเจน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

2. การเลือกวิธีวิเคราะห์ ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ทั้งสมบัติทางเคมี กายภาพ ตัวรบกวน ปริมาณของสารตัวอย่าง ช่วงความเข้มข้นที่ทำการวิเคราะห์ ความถูกต้องและความแม่นยำของวิธีการวิเคาะห์ ระยะเวลาในการวิเคราะห์ รวมถึงงบประมาณที่ใช้ในการวิเคราะห์

3. การเก็บตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่เก็บมาต้องสามารถใช้เป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดได้ และต้องคำนึงถึงสภาวะในการเก็บตัวอย่างเพื่อคงสภาพของตัวอย่างให้เปลี่ยนแปลงได้น้อยที่สุด เพื่อลดความความเคลื่อนของผลการทดลอง

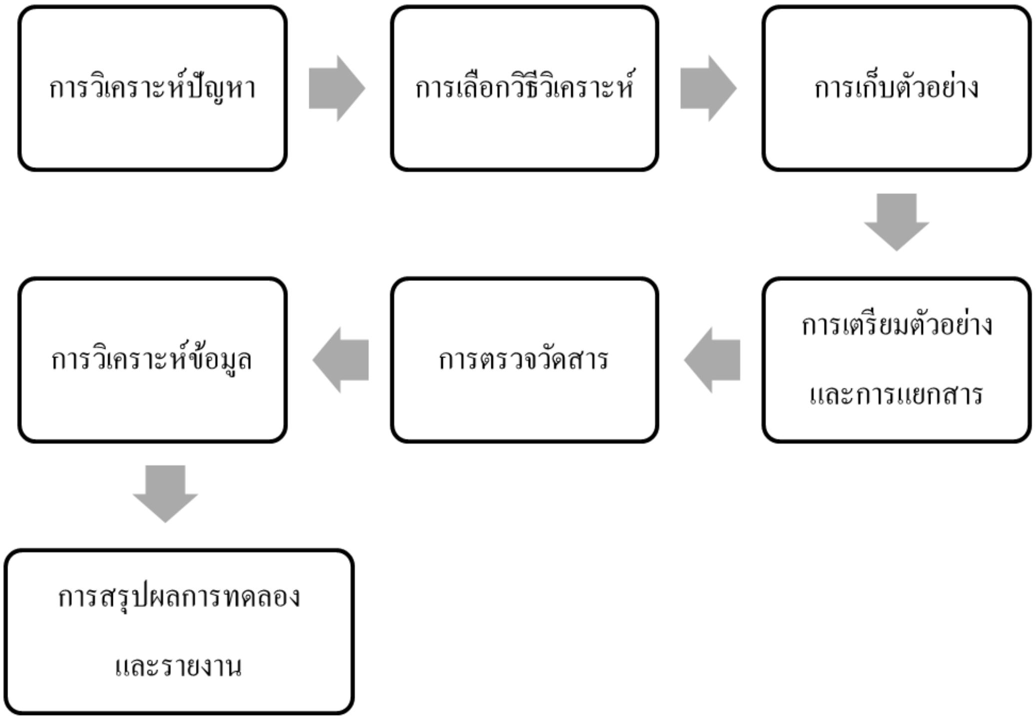
4. การเตรียมสารตัวอย่างและการแยกสาร ต้องเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างให้เหมาะสมกับเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ ต้องคำนึงถึงขีดจำกัดและความสามารถในการตรวจวัดของวิธีการวิเคราะห์นั้นด้วย และควรมีการแยกสารเพื่อเอาสิ่งเจือปนหรือตัวรบกวนออกจากตัวอย่าง

5. การตรวจวัดสาร ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดในการวิเคราะห์ ผู้ทำการทดลองต้องมีความรู้ ความเข้าใจหลักการและเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ รวมทั้งต้องมีทักษะและความชำนาญในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิธีการวิเคราะห์นั้น ๆ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล นำผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์สารตัวอย่างมาคำนวณเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณสารที่แน่นอน การวิเคราะห์อาจจำเป็นต้องมีการทำซ้ำเพื่อทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูล แล้วนำมาคำนวณผลและการประเมินผลทางสถิติได้

7. การสรุปผลการทดลองและรายงาน ต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

โดยขั้นตอนในการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังแผนผังในภาพประกอบที่ 1.3



ภาพประกอบที่ 1.3 แผนผังขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเคมี

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kealey, D. & Haines, P.J. (2005 : 6)

หน่วยของการวัด

International System of Units หรือหน่วย SI เป็นหน่วยมาตรฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้กันอย่างกว้างขวาง หน่วยนี้อาศัยพื้นฐานของหน่วยพื้นฐาน 7 หน่วยดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 หน่วยการวัด SI พื้นฐาน

หน่วยวัด	ชื่อของหน่วย	อักษรย่อ
ความยาว (length)	meter	m
มวล (mass)	kilogram	kg
เวลา (time)	second	s
กระแสไฟฟ้า (electric current)	ampere	A
อุณหภูมิ (temperature)	kelvin	K
ความเข้มแสง (luminous intensity)	candela	cd
ปริมาณสาร (amount of substance)	mole	mol

ที่มา : ดัดแปลงจาก Harris, D.C. (2007 : 9)

นอกจากหน่วย SI พื้นฐานแล้วยังมีคำอุปสรรค (prefixes) หรือ คำนำหน้าหน่วยในระบบ SI คือ สัญลักษณ์ที่ถูกนำมาวางไว้หน้าหน่วย เช่น สัญลักษณ์ "μ" อ่านว่า ไมโคร (micro) แทนตัวพหุคูณ 10^{-6} เช่น การชั่งสารเคมีในระดับ ไมโครกรัม (μg) การใช้คำอุปสรรคนำหน้าหน่วยเพื่อให้การแสดงปริมาณที่มีขนาดใหญ่หรือเล็ก ให้อยู่ในรูปที่กะทัดรัดมากขึ้น (ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล, 2557 : 24) โดยการใช้คำอุปสรรคเชื่อมเข้ากับหน่วย SI คำอุปสรรคและสัญลักษณ์ที่ใช้นำหน้าหน่วยแสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 คำอุปสรรคและสัญลักษณ์

คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ตัวพหุคูณ	คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ตัวพหุคูณ
ยอตโต (yocto)	y	10^{-24}	เดคะ (deca)	da	10^{1}
เซปโต (zepto)	z	10^{-21}	เฮกโต (hecto)	h	10^{2}
อัตโต (atto)	a	10^{-18}	เดคะ (deca)	da	10^{1}
เฟมโต (femto)	f	10^{-15}	กิโล (kilo)	k	10^{3}
พิโก (pico)	p	10^{-12}	เมกะ (mega)	M	10^{6}
นาโน (nano)	n	10^{-9}	จิกะ (giga)	G	10^{9}
ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}	เทระ (tera)	T	10^{12}
มิลลิ (milli)	m	10^{-3}	เพตะ (peta)	P	10^{15}
เซนติ (centi)	c	10^{-2}	เอกซะ (exa)	E	10^{18}
เดซิ (deci)	d	10^{-1}	เซตตะ (zetta)	Z	10^{21}

ที่มา : ดัดแปลงจาก Harris, D.C. (2007 : 10)

การเตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลายมีความสำคัญต่อผลการวิเคราะห์เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายจะถูกนำไปคำนวณเพื่อหาปริมาณสารที่ต้องการวิเคราะห์เสมอ ดังนั้นหากขั้นตอนในการเตรียมสารละลายเกิดความผิดพลาดหรือเตรียมไม่ได้ตามความเข้มข้นที่ต้องการจะส่งผลต่อผลการวิเคราะห์ให้เกิดความคลาดเคลื่อนตามไปด้วย การเตรียมสารละลายให้มีความถูกต้องนั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ คุณภาพหรือเกรดของสารเคมี อุปกรณ์และเครื่องแก้วที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย และทักษะของผู้ปฏิบัติงาน

สารละลายมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐาน (standard solution) คือ สารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่ถูกต้องและแน่นอน ใช้ทำปฏิกิริยากับสารละลายตัวอย่างเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง สารละลายมาตรฐานที่ใช้ควรมีสมบัติคือ มีความเสถียร ทำปฏิกิริยากับสารละลายตัวอย่างได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ทำปฏิกิริยาจำเพาะเจาะจง (selective) กับสารละลายตัวอย่าง ได้อธิบายการเตรียมสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้นที่ถูกต้องแน่นอน เพื่อใช้สำหรับทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้ (สราวุฒิ สมนาม, 2557 : 21)

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ

สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ คือ สารละลายที่มีความเข้มข้นที่แน่นอน เตรียมได้จากสารที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก การเตรียมจะต้องชั่งสารที่ใช้เตรียมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด และละลายด้วยตัวทำละลายให้ได้ปริมาตรที่ต้องการในขวดวัดปริมาตร

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ

สารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ เป็นสารละลายที่มีความบุริสุทธิ์น้อยกว่าสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ การเตรียมสารละลายเป็นการเตรียมอย่างหยาบ ๆ ทราบความเข้มข้นเพียงคร่าว ๆ ซึ่งอาจเตรียมจากสารที่เป็นของแข็งที่ไม่เสถียรสามารถดูดความชื้นได้ง่าย แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายหรือเรียกว่า เป็นการเทียบค่าความเข้มข้น (standardize)

หน่วยสำหรับบอกความเข้มข้นของสารละลาย

ราณี สุวรรณพฤกษ์ (2560 : 19) ได้อธิบายความเข้มข้นของสารละลาย หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณตัวถูกละลายต่อปริมาณตัวทำละลายหรือปริมาณสารละลาย ซึ่งปริมาณของตัวถูกละลายและตัวทำละลายในสารละลายอาจมีหน่วยเป็น มวล โมล หรือ ปริมาตรความเข้มข้นในหน่วยต่าง ๆ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลาย} = \frac{\text{ปริมาณของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของตัวทำละลาย}}$$

หน่วยที่ใช้แสดงความเข้มข้นของสารละลายมีอยู่หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน สำหรับหน่วยความเข้มข้นที่นิยมใช้ ได้แก่

1. หน่วยร้อยละ

เป็นปริมาณที่บอกปริมาณตัวถูกละลายในสารละลาย 100 หน่วย สามารถแบ่งย่อยได้ 3 ประเภทดังนี้

1.1 ร้อยละโดยมวล (weight percent, % w/w)

เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารละลาย 100 หน่วยมวลเดียวกัน (หน่วยมวลที่จะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน เช่น กรัม กิโลกรัม เป็นต้น เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวล หมายถึง ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายอยู่ 5 กรัม หรือ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กิโลกรัม มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายอยู่ 5 กิโลกรัม) (ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล, 2557 : 29)

1.2 ร้อยละโดยปริมาตร (volume percent, % v/v)

ความเข้มข้นที่ระบุถึงอัตราส่วนของปริมาตรตัวถูกละลายที่ละลายในสารละลายต่อปริมาตรของสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยหน่วยของปริมาตรตัวละลายและสารละลายจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่ตัวละลายและตัวทำละลายที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายเอธานอล เข้มข้นร้อยละ 40 โดยปริมาตร หมายถึง ในสารละลาย เอธานอล 100 มิลลิลิตร มีเอธานอลละลายอยู่ 40 มิลลิลิตร หรือ ในสารละลายเอธานอล 100 ลิตร เอธานอลละลายอยู่ 40 ลิตร (คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ์, 2558 : 18)

1.3 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (weight to volume percent, % w/v)

ความเข้มข้นที่ระบุถึงอัตราส่วนของน้ำหนักตัวถูกละลายที่ละลายในสารละลายต่อปริมาตรสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยตัวละลายมีหน่วยเป็นกรัม และปริมาตรของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร นิยมใช้กับสารละลายที่ตัวละลายเป็นของแข็งละลายในตัว ทำละลายที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น ร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร หมายถึง ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100 มิลลิลิตร มีโซเดียม คลอไรด์ละลายอยู่ 5 กรัม หรือ ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 100 ลิตร มีโซเดียมคลอไรด์ ละลายอยู่ 5 กิโลกรั (คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ์, 2558 : 18)

2. หน่วยโมลาริตี (molarity)

โมลาริตี เป็นหน่วยที่ใช้บอกถึงจำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในสารละลายปริมาตร 1000 มิลลิลิตร เรียกย่อ ๆ ว่า โมลาร์ (molar, M) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนหน่วยคือ โมลต่อลิตร (mol/L หรือ mol/dm^3) เช่น 1 M กรดไฮโดรคลอริก หมายความว่า ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร มีกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล (สราวุฒิ สมนาม, 2557 : 23)

3. หน่วยโมแลลิตี (molality)

โมแลลิตี เป็นหน่วยที่ใช้บอกจำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลายหนัก 1 กิโลกรัม (ไม่ใช่ในสารละลายทั้งหมด) นิยมเรียกย่อ ๆ ว่า โมแลล (molal, m) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนหน่วยคือ mol/kg ความเข้มข้นในหน่วยนี้ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสารละลายซึ่งต่างจากหน่วยโมลาร์ ดังนั้นหน่วยโมแลลจึงนิยมใช้คำนวณเกี่ยวกับจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย เช่น 1 m สารละลายกลูโคส หมายความว่า กลูโคส 1 โมล ละลายในน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (สราวุฒิ สมนาม, 2557 : 23)

4. หน่วยฟอร์แมลิตี (formality)

ฟอร์แมลิตี เป็นหน่วยที่บอกถึงอัตราส่วนของจำนวนน้ำหนักตามสูตร (formula Weight) ของตัวละลายต่อปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร มีหน่วยเป็นฟอร์แมล (formal, F) ใช้ระบุความเข้มข้นกรณีที่ตัวละลายเป็นสารประกอบเชิงไอออนซึ่งไม่มีสูตรเชิงโมเลกุล (คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ์, 2558 : 20)

5. หน่วยนอร์มาลิตี (normality)

นอร์มาลิตี เป็นหน่วยที่บอกถึงจำนวนกรัมสมมูล (number of equivalents) ของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร หรือ จำนวนมิลลิกรัม สมมูล (number of milliequivalents) ของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร ซึ่งจำนวนกรัมสมมูลนี้คำนวณได้จากน้ำหนักของสารหารด้วยน้ำหนักสมมูล (equivalents weight, eq. wt.) ซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้นหารด้วยจำนวนหน่วยที่เข้าทำปฏิกิริยา 1 โมเลกุล (ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล, 2557 : 26)

6. หน่วยส่วนในล้านส่วน (parts per million) หน่วยส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion และหน่วยส่วนในล้านล้านส่วน (parts per trillion)

ส่วนในล้านส่วน (parts per million, ppm) หน่วยส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion, ppb) และหน่วยส่วนในล้านล้านส่วน (parts per trillion, ppt) เป็นหน่วยความเข้มข้นที่แสดงถึงอัตราส่วนโดยมวลของตัวละลายต่อสารละลายล้านส่วน พันล้านส่วน และล้านล้านส่วนตามลำดับ หรือระบุกรัมของตัวละลายในสารละลายล้านกรัม พันล้านกรัม และล้านล้านกรัม ซึ่งจะใช้ในการระบุความเข้มข้นของสารละลายที่มีตัวละลายอยู่น้อยมากๆ และความหมายของหน่วย ppm ppb และ ppt มีดังนี้ (สราวุฒิ สมนาม, 2557 : 23-24)

ppm	คือ	mg/L	หรือ	μg/L	หรือ	mg/kg	หรือ	μg/kg
ppb	คือ	μg/L	หรือ	ng/mL	หรือ	μg/kg	หรือ	ng/kg
ppt	คือ	ng/L	หรือ	pg/mL	หรือ	ng/kg	หรือ	pg/kg

หน่วยความเข้มข้นที่ใช้ในทางเคมีวิเคราะห์นั้นมีหลายหน่วย ซึ่งการเตรียมสารให้มีความเข้มข้นตามหน่วยต่าง ๆ นั้นต้องเลือกเตรียมให้เหมาะสมกับวิธีวิเคราะห์ อุปกรณ์ และขีดจำกัดในการตรวจวัดของเครื่องมือ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด โดยหน่วยที่ใช้ในการเตรียมสารนั้นสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 หน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลาย

หน่วยความเข้มข้น	**ความหมาย**	**สัญลักษณ์**
โมลาริตี (molarity)	$\frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร}}$	M
ฟอร์แมลิตี (formality)	$\frac{\text{จำนวนน้ำหนักตามสูตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร}}$	F
โมแลลิตี (molality)	$\frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม}}$	m
นอร์มาลิตี (normality)	$\frac{\text{จำนวนกรัมสมมูลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร}}$	N
ร้อยละโดยมวล (weight %)	$\frac{\text{จำนวนกรัมของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของสารละลาย 100 กรัม}}$	%w/w
ร้อยละโดยปริมาตร (volume %)	$\frac{\text{จำนวนมิลลิลิตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 100 มิลลิลิตร}}$	%v/v
ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (weight to volume %)	$\frac{\text{จำนวนกรัมของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 100 มิลลิลิตร}}$	%w/v
ส่วนในล้านส่วน (parts per million)	$\frac{\text{จำนวนกรัมของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของสารละลาย } 10^6 \text{ กรัม}}$	ppm
ส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion)	$\frac{\text{จำนวนกรัมของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของสารละลาย } 10^9 \text{ กรัม}}$	ppb

ที่มา : ดัดแปลงจาก คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ์ (2558 : 30)

อุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ

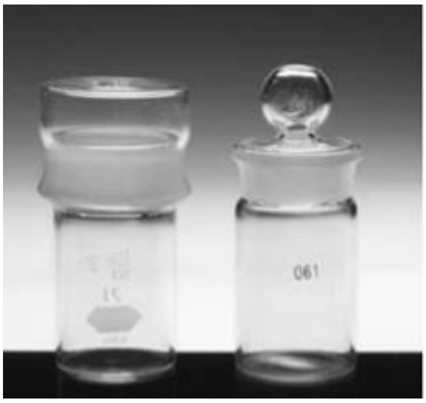
1. เครื่องชั่ง (analytical balance)

เครื่องชั่งสามารถจำแนกตามความละเอียดในการชั่งได้เป็น 2 แบบ คือ เครื่องชั่งแบบหยาบ (balance for approximate weighing) มีความละเอียดในช่วง 0.1 – 0.01 กรัม ใช้สำหรับงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องในการชั่งมากนัก และเครื่องชั่งสำหรับงานด้านการวิเคราะห์ (analytical balance) มีความละเอียดอยู่ในช่วง 0.001 – 0.00001 กรัม เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการความถูกต้องในการชั่งสูง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.4 (Skoog, D.A., et.al. 2013 : 21)

ภาพประกอบที่ 1.4 เครื่องชั่ง
ที่มา: Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. & Crouch, S.R. (2013 : 21)

2. ขวดชั่งสาร (weighing bottle)

ขวดชั่งสารเป็นอุปกรณ์ที่ใส่สารที่ชั่งได้ ซึ่งมีหลายขนาดให้เลือกใช้งาน ควรต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและขนาดของขวดที่เลือกใช้งาน ดังแสดงในตัวอย่างที่ 1.5 (Skoog, D.A., et.al. 2013 : 26)

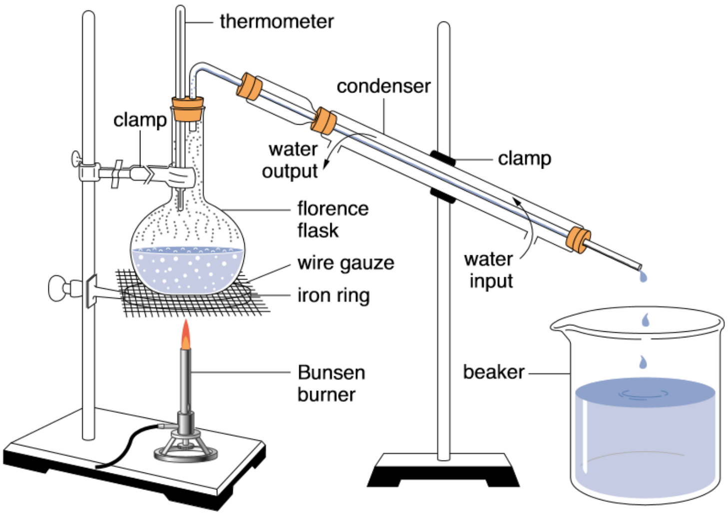


ภาพประกอบที่ 1.5 ขวดชั่งสาร

ที่มา: Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. & Crouch, S.R. (2013 : 26)

3. ชุดอุปกรณ์การกลั่นแบบธรรมดา (simple distillation)

ชุดอุปกรณ์การกลั่นสาร ใช้สำหรับกลั่นสารละลายตัวอย่างที่ประกอบด้วยสารมากกว่า 2 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีจุดเดือดต่างกันมากพอที่จะสามารถแยกได้ด้วยการกลั่นแบบธรรมดา ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.6 (Pamela, W. & Elaine, W. 2011 : 19)

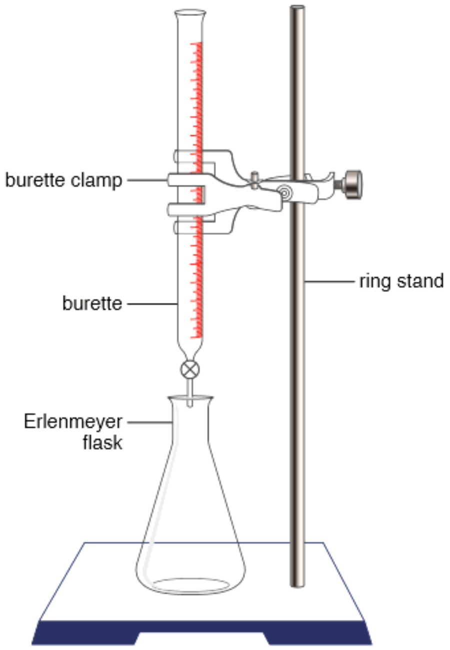


ภาพประกอบที่ 1.6 ชุดอุปกรณ์สำหรับกลั่นสารแบบธรรมดา

ที่มา : Pamela, W. & Elaine, W. (2011 : 19)

4. ชุดอุปกรณ์สำหรับการไทเทรต (titration)

อุปกรณ์ในการไทเทรตนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์สำคัญอีกชนิดหนึ่งในงานด้านการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยการวัดปริมาตร ซึ่งประกอบไปด้วยบิวเรต ขวดรูปชมพู ขาตั้ง และที่ยึดบิวเรต ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.7 (Pamela, W. & Elaine, W. 2011 : 113)



ภาพประกอบที่ 1.7 ชุดอุปกรณ์สำหรับการไทเทรต

ที่มา : Pamela, W. & Elaine, W. (2011 : 113)

5. ชุดอุปกรณ์กรองสาร

ชุดอุปกรณ์กรองสารสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ ชุดกรองแบบสุญญากาศ และชุดกรองแบบธรรมดา ซึ่งชุดกรองแบบสุญญากาศจะทำการกรองได้เร็วกว่า เหมาะสำหรับกรองสารที่มีอนุภาคเล็ก ๆ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.8 (Myers, T.R., et.al., 2006 : 764)

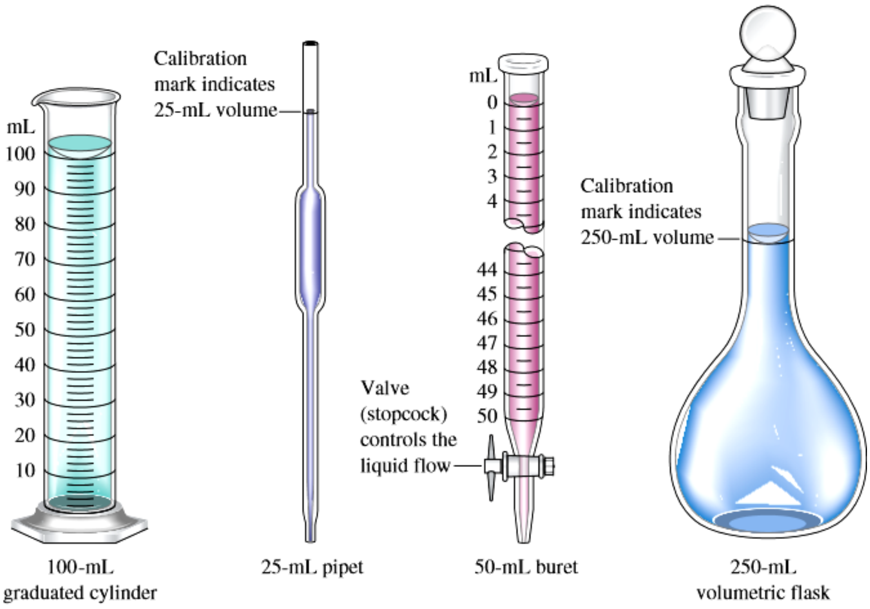
(ก) ชุดกรองแบบสุญญากาศ (ข) ชุดกรองแบบธรรมดา

ภาพประกอบที่ 1.8 ชุดอุปกรณ์สำหรับกรองสาร

ที่มา : Myers, T.R., Oldham, K.B. & Tocci, S. (2006 : 764)

6. อุปกรณ์พื้นฐานสำหรับวัดปริมาตร

สำหรับอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับวัดปริมาตรของเหลวมีหลายชนิดได้แก่ กระบอกตวง ปิเปต บิวเรต และ ขวดวัดปริมาตร เป็นต้น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1.9 (Zumdahl, S.S. & Zumdahl, S.A., 2007 : 10)



กระบอกตวง ปิเปต บิวเรต ขวดวัดปริมาตร

ภาพประกอบที่ 1.9 อุปกรณ์พื้นฐานสำหรับวัดปริมาตร

ที่มา : Zumdahl, S.S. & Zumdahl, S.A. (2007 : 10)

7. มาตรกรด-เบส (pH meter)

มาตรกรด-เบส ใช้วัดค่าความเป็นกรดและเบสของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ขั้วไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นส่วนรับไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย โดยค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน และโพเทนชิออมิเตอร์ ทำหน้าที่ปรับความต่างศักย์ให้กับขั้วไฟฟ้า แปลงสัญญาณที่ได้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2560 : 14-16) ตัวอย่างมาตรกรด-เบส แสดงดังภาพประกอบที่ 1.10

ภาพประกอบที่ 1.10 มาตรกรด-เบส

ที่มา : Myers, T.R., Oldham, K.B. & Tocci, S. (2006 : 547)

สรุป

เคมีวิเคราะห์มีความสำคัญเกี่ยวกับการใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางเคมีในการวัด การหาองค์ประกอบต่าง ๆ ทางเคมีของสสาร การหาปริมาณ โดยแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ที่สนใจ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ คือ การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของธาตุองค์ประกอบ ชนิด หรือ สารประกอบ ในสารตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ทางเคมีผู้วิเคราะห์ต้องเข้าใจเทคนิคการวิเคราะห์ต่าง ๆ รวมถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ การเตรียมสารให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นในการดำเนินการใด ๆ ในการปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์จะต้องมีการวางแผนทำงานเป็นขั้นตอน และปฏิบัติการด้วยความละเอียดรอบคอบมีความรู้ความเข้าใจในทุก ๆ ขั้นตอนของการวิเคราะห์ มีการตรวจสอบซ้ำและทำซ้ำในกระบวนการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ เพื่อป้องกันความผิดพลาดและลดความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์

คำถามท้ายบทที่ 1

1. ให้อธิบายความหมายของเคมีวิเคราะห์
2. ให้บอกถึงความสำคัญของเคมีวิเคราะห์
3. เปรียบเทียบการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและการวิเคราะห์เชิงปริมาณแตกต่างกันอย่างไร
4. วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีสามารถจำแนกได้แก่วิธี อะไรบ้าง
5. การวิเคราะห์ตามปริมาณสารตัวอย่างวิธีใดที่ผู้วิเคราะห์ต้องมีความเชี่ยวชาญสูง เพราะเหตุใด
6. ขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเคมีมีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง
7. สารละลายมาตรฐานปฐมภูมิและสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ มีความแตกต่างกันอย่างไร
8. สารละลายซูโครส เข้มข้นร้อยละ 30 โดยมวล หมายความว่าอย่างไร
9. โมลาริตี (molarity) และ โมแลลิตี (molality) ใช้เตรียมสารละลายในกรณีใด เพราะเหตุใด
10. ส่วนในล้านส่วน (parts per million, ppm) หน่วยส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion, ppb) และหน่วยส่วนในล้านล้านส่วน (parts per trillion, ppt) หน่วยใดที่สารตัวอย่างมีความเข้มข้นน้อยที่สุด ยกตัวอย่าง พร้อมอธิบาย

เอกสารอ้างอิง

คงศักดิ์ ปัตตาฤทธิ์. (2558). **ปริมาณวิเคราะห์**. อยุธยา : มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล. (2557). **การวิเคราะห์ทางเคมีเชิงปริมาณ**. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.

รานี สุวรรณพฤกษ์. (2560). **เคมีทั่วไป เล่ม 2**. กรุงเทพฯ : วิทยพัฒน์.

วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. (ม.ป.ป.). **เคมีวิเคราะห์ : หลักเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. กรุงเทพฯ : มหาวทิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ศิริพร จันทรคีรี. (2557). **เคมีวิเคราะห์ : การวิเคราะห์เชิงปริมาณ**. สงขลา : นำศิลป์โฆษณา.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2560). **เคมีวิเคราะห์สารมลพิษ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. (2553). **เคมีวิเคราะห์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สราวุฒิ สมนาม. (2557). **เคมีวิเคราะห์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Fifield, F.W. & Kealey, D. (2000). **Principles and Practice of Analytical Chemistry 5th edition**. London : Blackwell Science Limited.

Harris, D.C. (2007). **Quantitative Chemical Analysis 7th edition**. America : W. H. Freeman and Company.

Kenkel, J. (2014). **Analytical Chemistry for Technicians 4th edition**. America : CRC Press LLC.

Kealey, D. & Haines, P.J. (2005). **The Instant Notes Chemistry 2nd edition**. England :BIOS Scientific Publishers Limited.

Myers, T.R., Oldham, K.B. & Tocci, S. (2006). **Chemistry**. United States of America : Holt.

Pamela, W. & Elaine, W. (2011). **Chemistry Experiments**. New York : Infobase Publishing.

Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. & Crouch, S.R. (2013). **Fundamentals of Analytical Chemistry 9th edition**. America : Cengage Learning Brooks/Cole.

Zumdahl, S.S. & Zumdahl, S.A. (2007). **Chemistry 7th edition**. United States of America : Houghton Miffin.