แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

ประเภทของการวิเคราะห์ทางเคมี

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

การวิธีวิเคราะห์ตามปริมาณของสารตัวอย่าง

เทคนิคการวิเคราะห์

หน่วยของการวัด

ความเข้มข้นของสารละลาย

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนทราบถึงความหมายและประเภทของเคมีวิเคราะห์
2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแบ่งวิธีวิเคราะห์ทางเคมีได้
3. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบอกเทคนิคและขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเคมีได้
4. เพื่อให้ผู้เรียนทราบถึงการวัดและหน่วยของการวัดที่ใช้ในทางเคมีวิเคราะห์
5. เพื่อให้ผู้เรียนทราบถึงหน่วยความเข้มข้นของสารละลายและเข้าใจในวิธีการคำนวณเกี่ยวกับการเตรียมสารละลาย

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอนรายวิชาปริมาณวิเคราะห์
2. ผู้สอนบรรยายภาคทฤษฎีประกอบสื่อการสอนในลักษณะโปรแกรมนำเสนอและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการสื่อสาร
3. อภิปรายร่วมกันระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หลังการบรรยายและสรุปสาระสำคัญ
4. มอบหมายให้ผู้เรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากเอกสาร วารสาร ตำรา และสื่ออื่นๆ
5. ให้ผู้เรียนทำคำถามท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาปริมาณวิเคราะห์
2. โปรแกรมนำเสนอและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการสื่อสาร
3. หนังสือ วารสาร และสื่ออิเล็กทรอนิกส์

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน การมีส่วนร่วมในการเรียน
2. สังเกตจากการซักถามและตอบปัญหาของผู้เรียน
3. ประเมินจากการทำคำถามท้ายบท

บทที่ 1
พื้นฐานทางเคมีวิเคราะห์

เคมีวิเคราะห์เป็นสาขาหนึ่งของวิชาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางเคมีในการตรวจสอบ (Identification) จำแนกชนิด และหาปริมาณ (Determination) ขององค์ประกอบต่างๆ ทางเคมีของสสาร วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อรวบรวมและตีความหมายของข้อมูลเชิงคุณภาพ เชิงปริมาณและโครงสร้าง การวิเคราะห์ทางด้านเคมีมีความสำคัญไม่เพียงเฉพาะทางด้านเคมีเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการศึกษาในหลากหลายสาขาวิชาอาทิเช่น ชีววิทยา ศิลปะ โบราณคดี การสำรวจอวกาศ และ การวินิจฉัยโรคทางการแพทย์ โดยมีการนำการวิเคราะห์ทางเคมีไปใช้ในงานด้านต่างๆ ดังนี้

1. การควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมการผลิต จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ทางเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากต้องมีการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ และความปลอดภัยเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่กฎหมายกำหนด เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยารักษาโรค ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในทางการเกษตร (เช่น ปุ๋ย ยากำจัดวัชพืช และย่าฆ่าแมลง) และเครื่องสำอาง เป็นต้น

2. การตรวจสอบและการควบคุมมลพิษ การปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นพิษ (เช่น ตะกั่วแคดเมียมและปรอท) สารอินทรีย์ (เช่น พอลิคลอริเนเตท ไบฟีนิล และผงซักฟอก) และแก๊สไอเสียของยานพาหนะ (ออกไซด์ของคาร์บอน ไนโตรเจน กำมะถันและไฮโดรคาร์บอน) ในสภาพแวดล้อม ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น จึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังและตรวจสอบปริมาณสารพิษต่างๆ โดยวิธีการที่มีความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อนำผลของการวิเคราะห์ไปดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมต่อไป โดยแหล่งมลพิษที่สำคัญได้แก่ ของเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม ขยะจากชุมชน และไอเสียจากยานพาหนะ

3. การศึกษาทางคลินิกและทางชีวภาพ ของเหลวในร่างกายของผู้ป่วยจำเป็นต้องมีการตรวจสอบระดับของสารเคมีต่างๆ เช่นน้ำตาล คอเลสเตอรอล ยูเรีย ฮอร์โมนและปริมาณเกลือแร่ต่างๆ (เช่นโซเดียม โพแทสเซียมแคลเซียม และสังกะสี) ปัจจัยที่สำคัญของการวิเคราะห์คือ ความรวดเร็ว และ ถูกต้องแม่นยำ โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการและเครื่องมืออัตโนมัติที่ได้รับการออกแบบมาเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อความถูกต้องและรวดเร็วในการรักษา

4. การตรวจสอบทางธรณีวิทยา ปริมาณของแร่ธาตุ หรือโลหะที่มีในสินแร่จะเป็นตัวกำหนดมูลค่าของสินแร่นั้นๆ ดังนั้นการวิเคราะห์จะต้องมีความถูกต้องแม่นยำสูงและเชื่อถือได้ เพื่อช่วยในการประเมินการลงทุนและผลกำไร

5. การวิจัยพื้นฐานและการวิจัยประยุกต์ การวิจัยและพัฒนาในสาขาวิชาต่างๆ เช่น การผลิตวัสดุชนิดใหม่ การสังเคราะห์ยา การสังเคราะห์เชื้อเพลิงจากชีวมวล จะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของโมเลกุล เพื่อทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสาร ซึ่งอาจต้องใช้การวิเคราะห์หลายๆ เทคนิครวมกันเพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์

ในการศึกษาวิชาเคมีวิเคราะห์นั้นจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจในการจำแนกวิธีการวิเคราะห์ เทคนิคและขั้นตอนต่างๆ ทางเคมีวิเคราะห์ เพื่อที่จะสามารถกำหนดรูปแบบของการวิเคราะห์ให้มีความเหมาะสม ประหยัดเวลา และช่วยในการลดค่าใช้จ่ายในการวิเคาระห์ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังต้องมีความรู้ความเข้าใจในความรู้พื้นฐานที่มีความจำเป็นต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีอีกด้วย เช่น ความเข้าใจในการวัดและหน่วยของการวัดปริมาณ หน่วยของความเข้มข้นต่างๆ การคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย รวมถึงวิธีการเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งความรู้เหล่านี้มีความสำคัญต่อการทำงานทางด้านเคมีวิเคราะห์เป็นอย่างมาก หากขาดความเข้าใจในส่วนนี้แล้ว จะส่งผลต่อกระทบโดยตรงต่อข้อมูลที่ได้จากการทำการวิเคราะห์ โดยทำให้ผลของการวิเคราะห์ผิดพลาด ไม่มีความน่าเชื่อถือ และไม่สามารถนำข้อมูลจากการวิเครห์ไปใช้ประโยชน์ได้

ประเภทของการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ตามวัตถุประสงค์ของการนำผลการวิเคราะห์ไปใช้งาน คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณดังนี้

1. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) คือ การวิเคราะห์ที่ต้องการตรวจสอบเพื่อพิจารณาถึงประเภทของสารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบ โดยการระบุชนิดของอะตอม โมเลกุล หรือ หมู่ฟังก์ชันในสารตัวอย่าง รวมไปถึงลักษณะทางโครงสร้างของสารเหล่านั้นด้วย โดยการตรวจสอบตัวอย่างจะดำเนินการภายใต้สภาวะที่จำเพาะและควบคุมสภาวะการทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุอ้างอิง และการตีความข้อมูลการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis) คือ การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบหาปริมาณของธาตุองค์ประกอบ ชนิด หรือสารประกอบในสารตัวอย่าง โดยเป็นการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณที่แน่นอนกับผลการวิเคราะห์สารตัวอย่าง ซึ่งจะต้องทำภายใต้เงื่อนไขและการควบคุมสภาวะต่างๆ ให้เหมือนกัน เพื่อที่จะกำหนดจำนวน

ที่แน่นอนหรือโดยเฉลี่ยขององค์ประกอบเหล่านั้น การวิเคราะห์อาจจำเป็นต้องมีการทำซ้ำแล้วนำมาคำนวณผลและการประเมินผลทางสถิติ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ มีความถูกต้อง (Accuracy) และ ความเที่ยง (Precision) อันจะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

ในยุคแรก ๆ ของการศึกษาทางด้านเคมีวิเคราะห์ทำโดยการแยกองค์ประกอบของสารที่สนใจ (Analyst) ออกจากสารตัวอย่าง ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการตกตะกอน การสกัด หรือการกลั่น และทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยการนำเอาองค์ประกอบที่แยกได้มาทำปฏิกิริยากับสารตัวทำปฏิกิริยา (Reagent) แล้วพิจารณาสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น เช่น สี จุดเดือดจุดหลอมเหลว ความเสถียร ในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ และมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง ประกอบกับมีการพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิค และคอมพิวเตอร์อย่างรวดเร็วและถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องมือวิเคราะห์ ทำให้การวิเคราะห์ทางเคมีในปัจจุบันมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก และมีความซับซ้อนมากขึ้น วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีการ คือ

1. วิธีการวิเคราะห์แบบต้นฉบับ (Classical method) คือวิธีการวิเคราะห์ที่อาศัยสมบัติทางเคมีของสารที่สามารถทำปฏิกิริยากันได้ แล้วตรวจวัดการปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เช่น มวลหรือปริมาตรของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น หรือ การลดลงของสารที่ทำปฏิกิริยากัน แล้วนำไปคำนวณผลตามกลไกการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยานั้นๆ ได้แก่วิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric method) เช่น การวิเคราะห์โดยวิธีการตกตะกอน (Precipitation method) และปริมาตรวิเคราะห์ (Volumetric method) เช่น วิธีไททริเมทริก (Titrimetric method) เป็นต้น

2. วิธีวิเคราะห์โดยเครื่องมือ (Instrumental method) คือวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์โดยอาศัยสมบัติของสารมาใช้จำแนกชนิดและระบุปริมาณ ได้แก่ วิธีเชิงทัศนศาสตร์ (Optical method) คือวิธีการที่เกียวข้องกัยการเกิดอันตรกิริยา (Interaction) ของสารกับรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) เช่น เทคนิคทางสเปกโทรสโกปี (Spectroscopy) วิธีการเชิงไฟฟ้า (Electrical method) คือวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมีของสาร เช่น โพเทนทิโอเมทรี (Potentiometry) เป็นต้น ซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำสูง สะดวก รวดเร็ว แต่มีค่าใช้จ่ายสูง และต้องจำเป็นต้องใช้หลักการและทฤษฎีขั้นสูงมากขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์แบบต้นฉบับ

การวิเคราะห์ตามปริมาณสารตัวอย่าง

การวิธีวิเคราะห์ตามปริมาณของสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ เป็นการจำแนกวิธีการวิเคราะห์โดยพิจารณาถึงปริมาณของสารตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งทำได้ทั้งการวิเคราะห์คุณภาพ และปริมาณ ซึ่งปริมาณสารจะเป็นตัวกำหนดขั้นตอนและกระบวนการวิเคราะห์ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการ โดยสามารถการจำแนกวิธีการวิเคราะห์ตามปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์มหภาค (Macro analysis) เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือพื้นฐาน ในการวัดปริมาตรและการชั่งน้ำหนัก ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สารตัวอย่างปริมาณมากกว่า 100 มิลลิกรัม หรือปริมาตร 10-100 มิลลิลิตร วิธีการนี้จะสิ้นเปลืองสารเคมีในการวิเคราะห์ตามปริมาณตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และต้องใช้เวลานาน และหลายขั้นตอนในการวิเคราะห์ เช่น การไทเทรต การวิเคราะห์โดยการตกตะกอน เป็นต้น

2. การวิเคราะห์กึ่งจุลภาค (Semimicro analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้กับสารตัวอย่างที่มีปริมาณระหว่าง 10-100 มิลลิกรัม หรือปริมาตร 0.1-5 มิลลิลิตร เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้อุปกรณ์ในการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับวิธีการมหัพภาควิเคราะห์ เช่น บีกเกอร์ หลอดทดลอง และอุปกรณ์เครื่องแก้วอื่นๆ การวิเคราะห์กึ่งจุลภาคมีข้อดีคือ สามารถลดความสิ้นเปลืองสารเคมี ประหยัดเวลา

3. การวิเคราะห์จุลภาค (Micro analysis) เป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีปริมาณระหว่าง 1-10 มิลลิกรัม หรือปริมาตร 0.01-0.1 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อยกว่าการวิเคราะห์กึ่งจุลภาค และต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีความละเอียดมากขึ้น การวิเคราะห์โดยวิธีนี้เหมาะสำหรับผู้ที่มีความชำนาญหรือเชี่ยวชาญเฉพาะในแต่ละสาขาที่ทำการวิเคราะห์

4. การวิเคราะห์อติจุลภาค (Ultramicro analysis) เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีปริมาณระหว่าง 0.001-1 มิลลิกรัม โดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เฉพาะ และผู้วิเคราะห์จะต้องมีความชำนาญความชำนาญหรือเชี่ยวชาญสูง

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

การจำแนกวิธีการวิเคราะห์ตามปริมาณของสารตัวอย่างสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การแบ่งวิธีวิเคราะห์ตามขนาดของสารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์	ปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์	
	น้ำหนัก (มิลลิกรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)
การวิเคราะห์มหภาค	มากกว่า 100	10-100
การวิเคราะห์กึ่งจุลภาค	10 -100	0.1-5
การวิเคราะห์จุลภาค	1-10	0.01-0.1
การวิเคราะห์อติจุลภาค	0.001-1	-
การวิเคราะห์ย่อยอติจุลภาค	น้อยกว่า 0.00001	-

ที่มา : (ดัดแปลงจาก Christain, G. D., 2004, p. 15)

นอกจากนี้ยังสามารถการจำแนกวิธีการวิเคราะห์โดยพิจารณาตามปริมาณขององค์ประกอบที่ทำการวิเคราะห์ที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 การจำแนกวิธีวิเคราะห์ตามปริมาณขององค์ประกอบที่มีในสารตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์	ปริมาณองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง
การวิเคราะห์องค์ประกอบส่วนใหญ่ (Major constituent analysis)	มากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์
การวิเคราะห์องค์ประกอบส่วนน้อย (Minor constituent analysis)	0.01-1 เปอร์เซ็นต์
การวิเคราะห์องค์ประกอบปริมาณน้อย (Trace constituent analysis)	น้อยกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์
การวิเคราะห์องค์ประกอบปริมาณน้อยมาก (Ultratrace constituent analysis)	ส่วนในล้านส่วน (ppm)

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

เทคนิคการวิเคราะห์

เทคนิคการวิเคราะห์คือ กระบวนการทางเคมีหรือทางเคมีกายภาพที่ใช้สำหรับการตรวจวัดในแต่ละการวิเคราะห์ ซึ่งทำให้เทคนิคของการวิเคราะห์มีความหลากหลาย ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสมบัติของอะตอมและโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบในสารตัวอย่างจึงจะช่วยให้การตรวจสอบชนิด หรือวัดปริมาณของอะตอมและโมเลกุลที่สนใจภายใต้สภาวะที่ควบคุมได้อย่างถูกต้อง สามารถสรุปเทคนิคที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างต่างๆ ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เชิงปริมาณ และโครงสร้าง แสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 เทคนิคการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้

เทคนิค	การวิเคราะห์	การประยุกต์ใช้
การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก	น้ำหนักของสารบริสุทธิ์หรือสารประกอบที่ทราบปริมาณสารสัมพันธ์ขององค์ประกอบ	วิเคราะห์เชิงปริมาณขององค์ประกอบของสารตัวอย่าง
การวิเคราะห์โดยการไทเทรต	ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบที่วิเคราะห์	วิเคราะห์เชิงปริมาณขององค์ประกอบของสารตัวอย่าง
การวิเคราะห์เชิงแสงของอะตอมและโมเลกุล	ความยาวคลื่น และความเข้มของคลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่องค์ประกอบที่วิเคราะห์ดูดกลืนหรือคายออกมา	การวิเคราะห์เชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ ขององค์ประกอบที่มีอยู่น้อย ๆ ในตัวอย่าง
แมสสเปกโทรเมทรี	มวลของสารที่สนใจ หรือชิ้นส่วนย่อย ๆ ของสารที่สนใจ	การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณขององค์ประกอบ ในตัวอย่าง และ อัตราส่วนของแต่ละไอโซโทป
โครมาโทกราฟี และอิเล็กโตรโฟรีซิส	การแยกองค์ประกอบต่างๆ ออกจากกันโดยอาศัยสมบัติทางเคมีกายภาพต่างๆ ของสาร	การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ การแยกองค์ประกอบหลัก และองค์ประกอบที่มีอยู่น้อยๆ

ตารางที่ 1.3 เทคนิคการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ (ต่อ)

เทคนิค	การวิเคราะห์	การประยุกต์ใช้
การวิเคราะห์ทางความร้อน	การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพของสารที่สนใจเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง	การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบเชิงเดียวหรือเชิงผสม
การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า	สมบัติทางไฟฟ้าของสารที่สนใจในสารละลาย	การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณขององค์ประกอบหลักและองค์ประกอบที่มีอยู่น้อยๆ
การวิเคราะห์ทางเคมีรังสี	ลักษณะเฉพาะของการแผ่รังสีของสารที่สนใจ	การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และ เชิงปริมาณขององค์ประกอบ

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

ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมี สามารถแบ่งออกเป็นลำดับขั้นตอนของการทำงาน เช่น การพิจารณาวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ การเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่าง คุณภาพของผลการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน และผลการวิเคราะห์โดยรวม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การกำหนดขอบเขตของปัญหา คือการกำหนดข้อมูลที่ต้องการจากการวิเคราะห์ ระดับของความถูกต้องที่ต้องการ ค่าใช้จ่าย ระยะเวลา เครื่องมือวิเคราะห์ และความสามารถของห้องปฏิบัติการ

2. การเลือกเทคนิคและวิธีการ คือการเลือกเทคนิคหรือ วิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ เช่น การไทเทรต การตกตะกอน โครมาโทรกราฟี หรือ สเปกโทรโฟโตเมทริก เป็นต้น เพื่อให้การวิเคราะห์ได้ข้อมูลครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

3. การเก็บตัวอย่าง คือการเลือกเก็บตัวอย่างจำนวนหนึ่งจากวัสดุทั้งหมดที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันบ้างในแต่ละส่วนของวัสดุ ดังนั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างที่ได้เป็นตัวแทนอย่างแท้จริงของวัสดุทั้งหมด

4. การจัดการตัวอย่าง คือการเปลี่ยนตัวอย่างให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสำหรับเทคนิคและวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบหรือวัดปริมาณของสารที่สนใจ เช่น การทำตัวอย่างให้เป็น

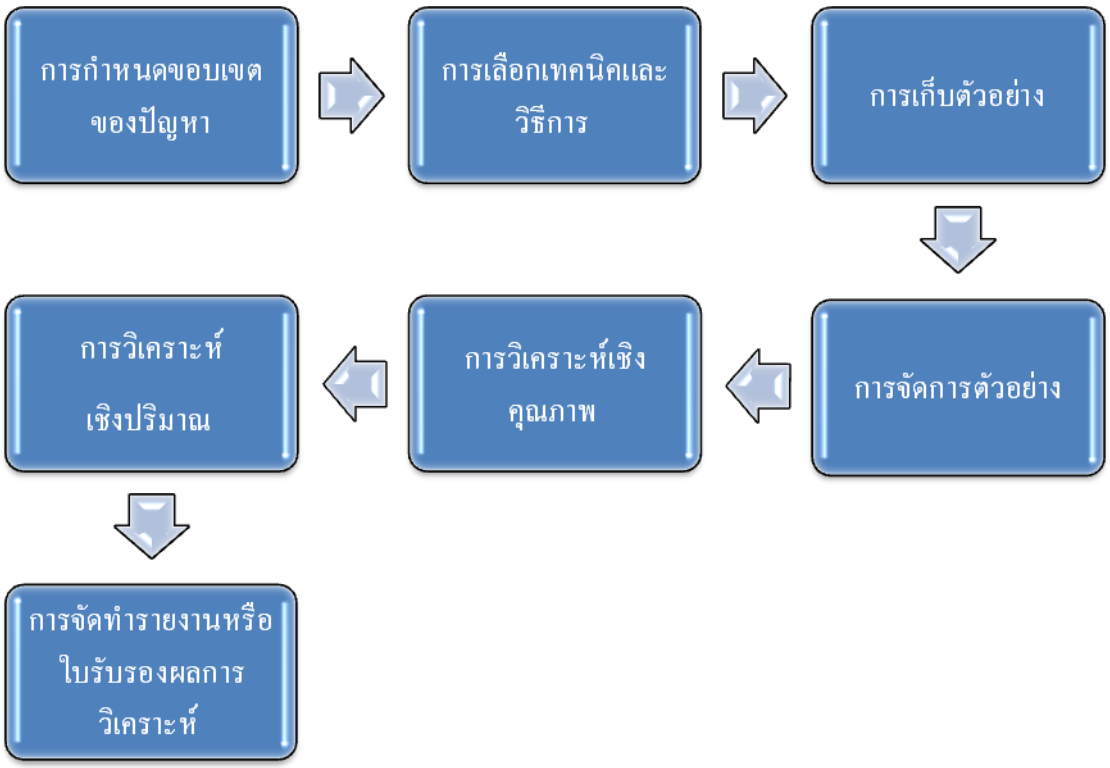
สารละลาย การทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เฉพาะเจาะจงกับสารที่สนใจ หรือการแยกสารที่สนใจออกจากองค์ประกอบอื่นๆ ในตัวอย่างที่อาจรบกวนการตรวจสอบหรือการวัดเชิงปริมาณได้

5. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ คือการทดสอบตัวอย่างภายใต้สภาวะที่จำเพาะและควบคุมสภาวะการทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุอ้างอิง และการตีความข้อมูลการวิเคราะห์

6. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ คือการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณสารที่สนใจที่แน่นอน กับผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างซึ่งจะต้องทำภายใต้เงื่อนไขและการควบคุมสภาวะต่างๆ ให้เหมือนกัน การวิเคราะห์อาจจำเป็นต้องมีการทำซ้ำเพื่อทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูล แล้วนำมาคำนวณผลและการประเมินผลทางสถิติ

7. การจัดทำรายงานหรือใบรับรองผลการวิเคราะห์ คือการทำรายงานสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ การประเมินผลทางสถิติของการวิเคราะห์ และรายละเอียดของปัญหาต่างๆ ที่พบในแต่ละขั้นตอนของการวิเคราะห์

โดยขั้นตอนในการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังแผนผังในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนผังขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเคมี

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

หน่วยของการวัด

ความรู้พื้นฐานที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาทางด้านเคมีวิเคราะห์และการปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์ได้แก่ หน่วยของการวัดและความเข้มข้นของสารละลาย เนื่องจากในกระบวนการทางเคมีวิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ความรู้เหล่านี้ในทุกขั้นตอน ซึ่งหากมีการใช้งานไม่ถูกต้องในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง จะส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ทันที ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผิดพลาดไม่มีความน่าเชื่อถือ และทำให้เกิดความเสียหายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ทั้งค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับสารเคมี และเวลาที่ใช้ในการทำงาน ดังนั้นในการดำเนินการใดๆ ในการปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์จะต้องมีความรอบคอบและมีการตรวจสอบซ้ำในเรื่องของหน่วยและความเข้มข้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

1. การวัด

การวัด (Measurement) มีประวัติความเป็นมาที่ยาวนานและได้มีวิวัฒนาการควบคู่กับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี การวัดจึงเป็นพื้นฐานของวิทยาศาตร์ที่ใช้สื่อสารเพื่อบอกขนาด ปริมาณ ตำแหน่ง สภาวะและเวลา เป็นต้น วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการวัด ได้แก่ การตัดสินปริมาณวัดต่างๆ ด้วยความความเที่ยงและถูกต้อง การวัดเป็นปฏิบัติการทางเทคนิค โดยทำการปฏิบัติตามวิธีการวัดที่กำหนดขั้นตอนไว้แล้ว เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างปริมาณที่ถูกวัดกับปริมาณมาตรฐาน (Standard) หน่วยของการวัดแต่เดิมประเทศต่างๆ ก็มีการกำหนดขึ้นเอง ซึ่งทำให้การเปรียบเทียบหน่วยของแต่ละประเทศมีความยุ่งยาก ประกอบกับการติดต่อสื่อสารและการค้าระห่วงประเทศพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดหน่วยวัดที่เป็นสากลขึ้น เพื่อให้ประเทศต่างๆ ได้ใช้หน่วยวัดเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การสื่อสารระหว่างประเทศเป็นไปอย่างถูกต้องและเข้าใจได้ง่ายขึ้น ตลอดจนเกิดความเป็นธรรมในระบบทางการค้าขายระหว่างประเทศ หน่วยที่เป็นสากลและมีการนำไปใช้แพร่หลายคือ หน่วยเอสไอ (SI Units) ย่อมาจากคำว่า International System of Units ถูกกำหนดขึ้นในปี ค.ศ.1960 จากการประชุมที่ว่าด้วยระบบหน่วยพื้นฐานสากลที่ประเทศฝรั่งเศส และมีการนำไปใช้ในระบบการวัดทางวิทยาศาสตร์กันอย่างแพร่หลาย แต่ก็ยังมีบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ยังคงใช้หน่วยแบบอังกฤษดั้งเดิมอยู่ เช่น หน่วยฟุต ไมล์ ฟาเรนไฮต์ และ ปอนด์ เป็นต้น โดยตั้งเป็นหน่วยฐาน และหน่วยอนุพันธ์ดังนี้

1.1 หน่วยฐานเอสไอ หน่วยฐานเอสไอ (SI Base Units) คือหน่วยของระบบการวัดปริมาณฐานจากการเทียบกับปริมาณมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งนิยามของแต่ละหน่วยฐานเอสไอได้มีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงตามการพัฒนาความรู้ทางด้านมาตรวิทยา เพื่อให้เกิดความถูกต้อง

แม่นยำมากขึ้น ปริมาณ ชื่อหน่วย สัญญาลักษณ์ และ นิยามของหน่วยฐานเอสไอแสดงดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 นิยามของหน่วยฐานเอสไอ

ปริมาณ	สัญลักษณ์	ชื่อหน่วย	นิยาม
ความยาว (Length)	m	เมตร (Meter)	ความยาวมาตรฐาน 1 เมตรเท่ากับระยะทางของแสงที่เดินทางได้ในสุญญากาศด้วยเวลา 1/299 ,792,458 วินาที
เวลา (Time)	s	วินาที (Second)	เวลา1 วินาทีคือช่วงเวลา 9,192,631,770 เท่าของคาบของคลื่นการแผ่รังสีที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับไฮเปอร์ไฟน์ของอะตอมของธาตุซีเซียม(133Cs) ซึ่งอยู่ที่สถานะพื้น (ground state)ที่อุณหภูมิ 0 เคลวิน
อุณหภูมิอุณหพลวัต (Thermodynamic Temperature)	K	เคลวิน (Kelvin)	อุณหภูมิ 1 เคลวิน จะเท่ากับ 1/273.16 เท่าของอุณหภูมิอุณหพลวัตของจุดสามสถานะ (triple point) ของน้ำ
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity)	cd	แคนเดลา (Candela)	ความเข้มของการส่องสว่าง 1 แคนเดลา คือ ความเข้มของการส่องสวางในทิศทางที่กำหนดของแหล่งกำเนิดแสงที่แผ่รังสีของแสงความถี่ 540×1012 เฮริทซ์ และมีความเข้มของการแผ่ รังสีในทิศทางนั้นซึ่งมีขนาด 1/683 วัตต์ต่อสตีเรเดียน (Watt/Steradian)
มวล (Mass)	kg	กิโลกรัม (Kilogram)	มวล 1 กิโลกรัม คือหน่วยของมวลซึ่งเท่ากับมวลต้นแบบระหว่างชาติของกิโลกรัมทำด้วยโลหะผสมของแพลทินัม (Platinum) 90% และอิริเดียม (Iridium) 10% มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก สูง 39 มิลลิเมตร และ เส้นผ่านศูนย์ กลาง 39 มิลลิเมตร ปัจจุบันเก็บไว้ที่สถาบัน Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) ประเทศฝรั่งเศส

ตารางที่ 1.4 นิยามของหน่วยฐานเอสไอ (ต่อ)

ปริมาณ	สัญลักษณ์	ชื่อหน่วย	นิยาม
กระแสไฟฟ้า (Electric Current)	A	แอมแปร์ (Ampere)	กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ คือ ขนาดของกระแสไฟฟ้าคงที่ ที่ไหลผ่านเส้นลวดตัวนำที่เป็นเส้นตรงสองเส้นขนานกันห่างกัน 1 เมตร และมีความยาวเป็นอนันต์ในสุญญากาศ โดยที่ลวดตัวนำมีพื้นที่หน้าตัดที่เล็กมากจนไม่ต้องคำนึงถึง จะทำให้เกิดแรงระหว่างเส้นสวดตัวนำทั้งสองเท่า 2×10^{-7} นิวตันต่อความยาว 1 เมตร
ปริมาณสาร (Amount of substance)	mol	โมล (Mole)	ปริมาณสาร 1 โมล คือ ปริมาณของสารที่ประกอบด้วยองค์ประกอบมูลฐานที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนอะตอมของคาร์บอน(^{12}C) ปริมาณ 0.012 กิโลกรัม โดยต้องระบุองค์ประกอบมูลฐาน ซึ่งอาจเป็นอะตอม ไอออน อิเล็กตรอน หรืออนุภาค โดยมีจำนวน 6.02214199×10^{23} หน่วย หรือเท่ากับเลขอาโวกาโดร (Avogadro's number)

ที่มา : (ดัดแปลงจาก Daniel, C. H., 2007, p. 9)

1.2 หน่วยอนุพันธ์เอสไอ หน่วยอนุพันธ์ (SI Derived Units) คือหน่วยการวัดของปริมาณอนุพันธ์ในระบบของปริมาณฐานเอสไอ โดยเป็นไปตามการเชื่อมโยงทางกายภาพ (Physical Connection) ระหว่างปริมาณฐานซึ่งเป็นหน่วยที่มีหน่วยฐานหลายหน่วยมาเกี่ยวข้องกัน เช่น หน่วยของอัตราเร็วเป็นความเชื่อมโยงทางกายภาพระหว่างปริมาณของความยาวที่วัดในหน่วยเมตร และปริมาณของเวลาที่วัดในหน่วยวินาที มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที หน่วยอนุพันธ์มีหลายหน่วย ซึ่งปริมาณและสัญลักษณ์ถูกกำหนดขึ้นโดยเฉพาะแสดงดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ปริมาณและสัญลักษณ์หน่วยอนุพันธ์

ปริมาณ	สัญลักษณ์	ชื่อหน่วย	รูปหน่วยฐานเอสไอ
ความถี่	Hz	เฮิรทซ์ (Hertz)	s^{-1}
แรง	N	นิวตัน (Newton)	$kg\ m\ s^{-2}$
พลังงาน	J	จูล (Joule)	$N\ m = kg\ m^2\ s^{-2}$
กำลัง	W	วัตต์ (Watt)	$J/s = kg\ m^2\ s^{-3}$
ความดัน	Pa	พาสคัล (Pascal)	$N/m^2 = kg\ m^{-1}\ s^{-2}$
ประจุไฟฟ้า	C	คูลอมบ์ (Coulomb)	$A\ s$
ความต่างศักย์ไฟฟ้า	V	โวลต์ (Volt)	$J/C = kg\ m^2\ A^{-1}\ s^{-3}$
ความต้านทานไฟฟ้า	Ω	โอห์ม (Ohm)	$V/A = kg\ m^2\ A^{-2}\ s^{-3}$
ความจุไฟฟ้า	F	ฟารัด (Farad)	$\Omega^{-1}\ s = A^2\ s^4\ kg^{-1}\ m^{-2}$

ที่มา : (ดัดแปลงจาก Daniel, C. H., 2007, p. 10)

1.3 คำอุปสรรคในระบบเอสไอ คำอุปสรรค (Prefixes) หรือ คำนำหน้าหน่วยในระบบเอสไอ คือ สัญลักษณ์ที่ถูกนำมาวางไว้หน้าหน่วย เช่น สัญลักษณ์ “n” อ่านว่า นาโน (nano) แทนตัวพหุคูณ 10^{-9} หรือ “G” อ่านว่า จิกะ (giga) แทนตัวพหุคูณ 10^{9} การใช้คำอุปสรรคนำหน้าหน่วยเพื่อให้การแสดงปริมาณที่มีขนาดใหญ่หรือเล็ก ให้อยู่ในรูปที่กะทัดรัดมากขึ้น หรือเปลี่ยนให้ได้หน่วยในรูปที่ต้องการ โดยการใช้คำอุปสรรคเชื่อมเข้ากับหน่วยเอสไอ เช่น ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์นั้นไม่แน่นอน โดยเฉลี่ยมีระยะทางประมาณ 149000000000 เมตร หรือมีระยะทางเท่ากับ 149×10^{9} เมตร สามารถแสดงในรูปของการใช้คำอุปสรรคนำหน้าหน่วยคือ 149 จิกะเมตร (Gm) คำอุปสรรคและสัญลักษณ์ที่ใช้นำหน้าหน่วยแสดงดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 คำอุปสรรคและสัญลักษณ์

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

ที่มา : (ดัดแปลงจาก Daniel, C. H., 2007, p. 10)

ตัวอย่างที่ 1.1 แสงเดินทางจากดวงอาทิตย์มาถึงโลกใช้เวลาประมาณ 8 นาที 18 วินาที โดยมีอัตราเร็วของแสงเท่ากับ 3.0×10^{8} เมตรต่อวินาที ถ้าต้องการแสดงให้หน่วยอยู่ในรูปกิโลเมตรต่อวินาที อัตราเร็วของแสงจะมีค่าเท่าใด

ตัวพหุคูณของคำอุปสรรคกิโล $= 10^{3}$

อัตราเร็วของแสง $= 3.0 \times 10^{8}$ เมตร/วินาที

1 กิโลเมตร เท่ากับ 10^3 เมตร

อัตราเร็วของแสงในหน่วยกิโลเมตรต่อวินาที $= 3.0 \times 10^8$ ~~เมตร~~/วินาที $\times \frac{1 \text{ กิโลเมตร}}{10^3 \text{ ~~เมตร~~}}$

$= 3.0 \times 10^5$ กิโลเมตร/วินาที

ตัวอย่างที่ 1.2 คาร์บอนจำนวน 1 โมล จะมีมวลเท่ากับ 0.012 กิโลกรัม จงแสดงมวลของคาร์บอนในรูปหน่วยไมโครกรัม

ตัวพหุคูณของคำอุปสรรคกิโล $= 10^3$

ตัวพหุคูณของคำอุปสรรคไมโคร $= 10^{-6}$

เขียนมวลของคาร์บอนจำนวน 1 โมล ในรูปพหุคูณ $= 0.012 \times 10^3$ กรัม

1 ไมโครกรัม เท่ากับ 1×10^{-6} กรัม

มวลของคาร์บอนจำนวน 1 โมล ในรูปหน่วยไมโครกรัม $= 0.012 \times 10^3$ ~~กรัม~~ $\times \frac{1 \text{ ไมโครกรัม}}{10^{-6} \text{ ~~กรัม~~}}$

$= 0.012 \times 10^9$ ไมโครกรัม

$= 1.2 \times 10^7$ ไมโครกรัม

ข้อควรระวังในการใช้คำอุปสรรคคือไม่ควรใช้คำอุปสรรคซ้อนกัน เช่น จากตัวอย่างที่ 1.2 มวลของคาร์บอน 1 โมลเท่ากับ 1.2×10^7 ไมโครกรัม ซึ่งจะไม่เขียนในรูป 1.2 เมกะเดคะกรัม และมีข้อสังเกตอย่างหนึ่งคือ เมื่อเปลี่ยนจากหน่วยเล็กไปเป็นหน่วยใหญ่ตัวเลขที่ได้ต้องน้อยลง ในทางกลับกัน เมื่อเปลี่ยนจากหน่วยใหญ่ไปเป็นหน่วยเล็กตัวเลขที่ได้ต้องมากขึ้น

ความเข้มข้นของสารละลาย

สารละลาย (Solution) คือส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวกันขององค์ประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สามารถแบ่งส่วนประกอบของสารละลาย ออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

ตัวทำละลาย (Solvent) หมายถึง องค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุด ในกรณีที่สารมีสถานะต่างกันมาละลายซึ่งกันและกัน ตัวทำละลายคือสารที่มีสถานะเดียวกันกับสารละลาย โดยสามารถละลายองค์ประกอบอื่นๆ ได้โดยไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับองค์ประกอบนั้นๆ

ตัวละลาย (Solute) หมายถึง องค์ประกอบที่มีปริมาณน้อยกว่าตัวทำละลาย ในกรณีที่สารมีสถานะต่างกันมาละลายซึ่งกันและกัน ตัวละลายคือสารที่มีสถานะต่างกันกับสารละลาย

โดยจะถูกตัวทำละลายละลาย หรือ ทำให้เกิดการกระจายตัวอยู่ในตัวทำละลายได้โดยไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีต่อกัน

ความเข้มข้นของสารละลาย หมายถึงปริมาณของตัวละลายเทียบกับ ปริมาณ (มวล หรือ ปริมาตร) ของตัวทำละลาย หรือสารละลาย

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

หน่วยที่ใช้แสดงความเข้มข้นของสารละลายมีอยู่หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน สำหรับหน่วยความเข้มข้นที่นิยมใช้ได้แก่

1. ร้อยละของตัวละลาย

ร้อยละของตัวทำละลาย (percent of solute) เป็นหน่วยความเข้มข้นที่ระบุสัดส่วนของตัวถูกละลายในสารละลายทั้งหมด 100 ส่วน โดยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1.1 ร้อยละโดยน้ำหนัก (Weight percent, % w/w) หมายถึงความเข้มข้นที่ระบุถึงอัตราส่วนของน้ำหนักตัวละลายที่ละลายในสารละลายต่อน้ำหนักของสารละลาย 100 หน่วยน้ำหนัก โดยหน่วยของน้ำหนักของตัวละลายและสารละลายจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่ตัวละลายเป็นของแข็ง

กำหนดให้ w_A เป็นน้ำหนักของตัวละลาย

w_S เป็นน้ำหนักของตัวทำละลาย

สามารถคำนวณหาความเข้มข้นร้อยละโดยน้ำหนักของสารละลายได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยน้ำหนักของสารละลาย} = \frac{w_A}{w_A + w_S} \times 100$$

ตัวอย่างที่ 1.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10โดยน้ำหนัก (10% w/w) หมายความว่ามีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัมละลายในสารละลายทั้งหมด 100 กรัม ซึ่งสามารถเตรียมสารละลายได้โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์หนัก 10 กรัม นำมาละลายน้ำ 90 กรัม จะได้สารละลายทั้งหมดหนัก 100 กรัม

โดยทั่วไปหากมีการระบุร้อยละของความเข้มข้นของสารเป็นเปอร์เซ็นต์เพียงอย่างเดียวก็จะหมายถึงร้อยละโดยน้ำหนัก เช่น กรดไฮโดรคลอริก 37% หมายความว่ากรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก (HCl 37 % w/w)

1.2 ร้อยละโดยปริมาตร (Volume percent, % v/v) หมายถึงความเข้มข้นที่ระบุถึงอัตราส่วนของปริมาตรตัวละลายที่ละลายในสารละลายต่อปริมาตรของสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยหน่วยของปริมาตรตัวละลายและสารละลายจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน นิยมใช้กับสารละลายที่ตัวละลายและตัวทำละลายที่เป็นของเหลว

กำหนดให้ v_A เป็นปริมาตรของตัวละลาย

v_S เป็นปริมาตรของตัวทำละลาย

สามารถคำนวณหาความเข้มข้นร้อยละโดยปริมาตรของสารละลายได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตรของสารละลาย} = \frac{v_A}{v_A + v_S} \times 100$$

ตัวอย่างที่ 1.4 สารละลายกรดแอซีติกความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร (5% v/v) หมายความว่ามีกรดแอซีติก 5 มิลลิลิตรในสารละลายทั้งหมด 100 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถเตรียมสารละลายได้โดยละลายกรดแอซีติก 5 มิลลิลิตรในน้ำ แล้วปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ 100 มิลลิลิตร

1.3 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (weight-to-volume percent, % w/v) หมายถึงความเข้มข้นที่ระบุถึงอัตราส่วนของน้ำหนักตัวละลายที่ละลายในสารละลายต่อปริมาตรสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยตัวละลายมีหน่วยเป็นกรัม และปริมาตรของสารละลายมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร นิยมใช้กับสารละลายที่ตัวละลายเป็นของแข็งละลายในตัวทำละลายที่เป็นของเหลว

กำหนดให้ w เป็นน้ำหนักของตัวถูกละลาย

v เป็นปริมาตรของสารละลาย

สามารถคำนวณหาความเข้มข้นร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตรของสารละลายได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร} = \frac{w}{v} \times 100$$

ตัวอย่างที่ 1.5 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ1โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (1% w/v) หมายความว่ามีโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัมละลายอยู่ในสารละลายทั้งหมดปริมาตร100 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถเตรียมสารละลายได้โดยละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัมในน้ำ แล้วปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ 100 มิลลิลิตร

2. โมลาริตี

โมลาริตี (Molarity) หมายถึงความเข้มข้นที่ระบุจำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร มีหน่วยของความเข้มข้นเป็น โมลต่อลิตร (mol/L) หรือโมลาร์ (Molar, M) โมล คือเลขอาโวกาโดรของอนุภาค (อะตอม โมเลกุล หรือ ไอออน) มีค่าเท่ากับ 6.02×10^{23} อนุภาค ปริมาณสาร 1 โมลจะมีน้ำหนักเป็นกรัมเท่ากับน้ำหนักเชิงโมเลกุลของสาร หรือมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับเลขอาโวกาโดร โดยที่หาปริมาณตัวละลาย(Molecular Weight, MW.) หาได้จากผลรวมของน้ำหนักเชิงอะตอม (Atomic Weight) ทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล เมื่อเขียนความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลกับน้ำหนักของสารจะได้ดังนี้

$$\text{จำนวนโมล} = \frac{\text{น้ำหนักของสาร(~~กรัม~~)}}{\text{น้ำหนักของสาร 1 โมล (~~กรัม~~/โมล)}}$$

ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาความเข้มข้นเป็นโมลาร์ของสารละลายได้ดังนี้

$$\text{จำนวนโมลาร์} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร}}$$

ตัวอย่างที่ 1.6 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการระบุในฉลากว่ามีร้อยละของความเข้มข้นเท่ากับ 37% และปริมตรของกรด 1 ลิตร จะมีน้ำหนักเท่ากับ 1.19 กิโลกรัม กรดไฮโดรคลอริกนี้จะมีความเข้มข้นเท่าใดในหน่วยโมลาร์ (น้ำหนักเชิงอะตอมของ H = 1 และ Cl = 35.45)

โมลาร์ คือจำนวนโมลของสารในปริมาตรสารละลาย 1 ลิตร

ปริมาตรสารละลายกรด 1 ลิตร จะมีน้ำหนัก = 1.19 กิโลกรัม

ฉลากระบุว่ามีร้อยละของความเข้มข้น = 37 %

ดังนั้นน้ำหนักเฉพาะเนื้อของกรด = $1.19 \text{ กิโลกรัม} \times \frac{37 \text{ ~~กรัม~~}}{100 \text{ ~~กรัม~~}}$

= 0.44 กิโลกรัม

เปลี่ยนหน่วยน้ำหนักเป็นกรัม = 0.44×10^3 กรัม

= 440 กรัม

น้ำหนักของกรดไฮโดรคลอริก 1 โมล = 36.45 กรัม/โมล

$$\text{จำนวนโมลของกรด} = \frac{440 \text{ ~~กรัม~~}}{36.45 \text{ ~~กรัม~~/โมล}}$$

$$= 12.07 \text{ โมล}$$

จะเห็นว่าสารละลายกรด 1 ลิตร มีจำนวนโมล = 12.07 โมล

ดังนั้นความเข้มข้นของกรดนี้จะมีค่า = 12.07 โมล/ลิตร

ตัวอย่างที่ 1.7 จงหาปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมล/ลิตร ที่จะนำมาเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตร 250 มิลลิลิตรที่มีความเข้มข้น 1 โมล/ลิตร

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมล/ลิตร ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

$$= \frac{1 \text{ โมล}}{1000 \text{ ~~มิลลิลิตร~~}} \times 250 \text{ ~~มิลลิลิตร~~}$$

ปริมาตรสารละลายที่จะนำมาใช้เตรียมที่มีความเข้มข้น 6 โมล/ลิตร ที่ต้องใช้

$$= \frac{1 \text{ โมล}}{1000 \text{ ~~มิลลิลิตร~~}} \times 250 \text{ มิลลิลิตร} \times \frac{1000 \text{ มิลลิลิตร}}{6 \text{ ~~โมล~~}}$$

$$= 41 \text{ มิลลิลิตร}$$

ดังนั้น จะต้องใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6 โมล/ลิตร ปริมาตร 41 มิลลิลิตร นำมาละลายและปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลายให้ได้เท่ากับ 250 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมล/ลิตร ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

3. ฟอร์แมลิตี

ฟอร์แมลิตี (Formality) หมายถึงอัตราส่วนของจำนวนน้ำหนักตามสูตร (Formula Weight) ของตัวละลายต่อปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร มีหน่วยเป็นฟอร์แมล (Formal, F) ใช้ระบุความเข้มข้นกรณีที่ตัวละลายเป็นสารประกอบเชิงไอออนซึ่งไม่มีสูตรเชิงโมเลกุลเช่น NaCl มีเพียงสูตรเอมพิริคัล แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ น้ำหนักตามสูตรหาได้จากผลรวมน้ำหนักเชิงอะตอมตามสูตรเอมพิริคัล ตัวอย่างเช่น NaCl มีน้ำหนักตามสูตรเท่ากับ 58.5 (น้ำหนักเชิงอะตอมของ Na = 23 และ Cl = 35.5) ความเข้มข้นในหน่วยฟอร์แมลสามารถคำนวณหาได้ดังนี้

$$\text{จำนวนฟอร์แมล} = \frac{\text{จำนวนน้ำหนักตามสูตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร}}$$

หน่วยโมลาร์ และ หน่วยฟอร์แมลจะมีความแตกต่างกันเมื่อตัวละลายมีการแตกตัวเป็นไอออน เช่น เมื่อมีโซเดียมคลอไรด์ 1 โมล (58.5 กรัม) ละลายในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร (ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย) เมื่ออยู่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะแตกตัวเป็นไอออนดังสมการ

$$NaCl \xrightarrow[H_2O]{} Na^+ + Cl^-$$

โซเดียมคลอไรด์เป็นอิเล็กโทรไลต์แก่จะแตกตัวเป็นไอออนจนหมดในสารละลายจะมีเพียง Na^+ และ Cl^- ที่มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ แต่ความเข้มข้นของ NaCl เท่ากับ 0 โมลาร์ เนื่องจากไม่เหลือ NaCl ที่ไม่แตกตัวในสารละลาย แต่ถ้าใช้เป็นหน่วยความเข้มข้นฟอร์แมลสารละลายนี้จะมีความเข้มข้นของ Na^+ และ Cl^- เท่ากับ 1 ฟอร์แมล เนื่องจากหน่วยฟอร์แมลจะใช้ระบุความเข้มข้นทั้งหมดของสารละลาย ซึ่งจะเห็นว่าถ้าสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบเชิงไอออนเป็นสูตรเชิงโมเลกุลของสาร หน่วยฟอร์แมลและโมลาร์จะมีค่าเท่ากัน

ตัวอย่างที่ 1.8 จงคำนวณหาว่าจะต้องใช้ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) กี่กรัม ในการเตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทความเข้มข้น 0.1 ฟอร์แมล ปริมาตร 250 มิลลิลิตร (น้ำหนักเชิงอะตอมของ Ag = 107.87 N = 14 และ O = 16)

$AgNO_3$ 1 น้ำหนักตามสูตรมีน้ำหนักเป็นกรัม = 169.87 กรัม

สารละลายซิลเวอร์ไนเตรทความเข้มข้น 0.1 ฟอร์แมล ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

จะมีใช้ $AgNO_3$ น้ำหนัก $= \frac{0.1 \text{ น้ำหนักตามสูตร}}{1000 \text{ มิลลิลิตร}} \times 250 \text{ มิลลิลิตร} \times \frac{169.87 \text{ กรัม}}{1 \text{ น้ำหนักตามสูตร}}$

$= 4.24$ กรัม

ดังนั้นในการเตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทความเข้มข้น 0.1 ฟอร์แมล ที่มีปริมาตร 250 มิลลิลิตรจะต้องใช้ซิลเวอร์ไนเตรทจำนวน 4.24 กรัม

4. โมแลลิตี

โมแลลิตี (Molality) หมายถึงความเข้มข้นที่ระบุจำนวนโมลของตัวละลายในตัวทำละลายที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม หรือ 1000 กรัม มีหน่วยความเข้มข้นเป็นโมแลล (molal, m) การเตรียมสารละลายในหน่วยโมแลลไม่ค่อยเป็นที่นิยมกันมากนัก เนื่องจากการชั่งตัวทำละลายซึ่งส่วนใหญ่เป็นของเหลวจะไม่สะดวก แต่ในบางการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลายในช่วงที่มีความแตกต่างกันมาก จะเตรียมสารละลายในหน่วยนี้ เนื่องจากว่าความเข้มข้น

ของสารละลายจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งสามารถคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วยโมแลลได้ดังนี้

$$\text{จำนวนโมแลล} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม}}$$

ตัวอย่างที่ 1.9 น้ำตาลทราย (ซูโครส) มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{12}H_{22}O_{11}$ และมีน้ำหนักเชิงโมเลกุลเท่ากับ 342 เมื่อละลายน้ำตาลทราย 20 กรัม ในน้ำ 100 กรัม จงหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลนี้ในหน่วยโมแลล

$$\text{จำนวนโมลของซูโครส} = \frac{20 \text{ ~~กรัม~~}}{342 \text{ ~~กรัม~~/โมล}} = 0.058 \text{ โมล}$$

ละลายในตัวทำละลาย 100 กรัม จะมีความเข้มข้นของสารละลาย

$$= \frac{0.058 \text{ โมล}}{100 \text{ ~~กรัม~~}} \times \frac{1000 \text{ ~~กรัม~~}}{1 \text{ กิโลกรัม}}$$

$$= 0.58 \text{ โมแลล}$$

5. นอร์มาลิตี

นอร์มาลิตี (Normality) หมายถึงความเข้มข้นที่ระบุถึงจำนวนกรัมสมมูลของตัวละลายในปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร มีหน่วยความเข้มข้นเป็นนอร์แมล (Normal, N) ซึ่งสามารถคำนวณหาความเข้มข้นในหน่วยนอร์แมลได้ดังนี้

$$\text{นอร์แมล} = \frac{\text{จำนวนกรัมสมมูลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร}}$$

จำนวนกรัมสมมูลของสารคืออัตราส่วนของน้ำหนักสารต่อน้ำหนักกรัมสมมูล ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{จำนวนกรัมสมมูล} = \frac{\text{น้ำหนักสาร (~~กรัม~~)}}{\text{น้ำหนัก กรัมสมมูล (~~กรัม~~/กรัมสมมูล)}}$$

การหาน้ำหนักของสาร 1 กรัมสมมูลของสาร จะมีวิธีการที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการเกิดปฏิกิริยา และ ชนิดของสารของสารนั้น ได้แก่ ปฏิกิริยากรด - เบส ปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน และ สารประกอบไอออนิก สามารถหาน้ำหนักกรัมสมมูลได้ดังนี้

5.1 น้ำหนักกรัมสมมูลของกรด คือ น้ำหนักเป็นกรัมของกรดที่สามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ได้ 1 กรัมสมมูล

$$\text{น้ำหนักกรัมสมมูลของกรด} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของกรด (กรัม/โมล)}}{\text{จำนวนโมลของ } H^+ \text{ ที่แตกตัว}}$$

ตัวอย่างเช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1โมล มีน้ำหนักเท่ากับ 36.5 กรัม ซึ่งเมื่อแตกตัวแล้วจะให้ไฮโดรเจนไอออนได้ 1 กรัมสมมูล น้ำหนักกรัมสมมูลหาได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักของสาร 1 กรัมสมมูล} = \frac{36.5 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{1 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 36.5 \text{ กรัม/กรัมสมมูล}$$

กรดซัลฟูริก(H_2SO_4) 1โมล มีน้ำหนักเท่ากับ 98 กรัมสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนได้ 2 กรัมสมมูล/โมล ดังนั้นน้ำหนักกรัมสมมูลหาได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักของสาร 1 กรัมสมมูล} = \frac{98 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{2 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 49 \text{ กรัม/กรัมสมมูล}$$

5.2 น้ำหนักกรัมสมมูลของเบส คือ น้ำหนักเป็นกรัมของเบสที่สามารถแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ได้ 1 โมล หรือ รับไฮโดรเจนไอออนได้ 1 กรัมสมมูล/โมล

$$\text{น้ำหนักกรัมสมมูลของกรด} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของเบส(กรัม/โมล)}}{\text{จำนวนโมลของ } OH^- \text{ ที่แตกตัว}}$$

โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) 1โมล มีน้ำหนักเท่ากับ 40 กรัม ซึ่งเมื่อแตกตัวแล้วจะให้ไฮดรอกไซด์ไอออนได้ 1 กรัมสมมูล/โมล น้ำหนักกรัมสมมูลหาได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักของสาร 1 กรัมสมมูล} = \frac{40 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{1 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 40 \text{ กรัม/กรัมสมมูล}$$

แคลเซียมไฮดรอกไซด์($Ca(OH)_2$) 1 โมล มีน้ำหนักเท่ากับ 74 กรัม ซึ่งเมื่อแตกตัวแล้วจะให้ไฮดรอกไซด์ไอออนได้ 2 กรัมสมมูล/โมล น้ำหนักกรัมสมมูลหาได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักของสาร 1 กรัมสมมูล} = \frac{74 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{2 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 37 \text{ กรัม/กรัมสมมูล}$$

5.3 การหาน้ำหนักกรัมสมมูลของสารประกอบไอออนิก น้ำหนักกรัมสมมูลของสารประกอบไอออนิกคือ น้ำหนักเป็นกรัมของสารประกอบไอออนิก ที่สามารถแตกตัวแล้วให้ประจุบวก หรือประจุลบได้ 1 กรัมสมมูล เช่น

แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) 1 โมล มีน้ำหนักเท่ากับ 111 กรัม ซึ่งเมื่อแตกตัวแล้วจะให้ Ca^{2+} ซึ่งมีประจุบวกเท่ากับ 2 กรัมสมมูล/โมล และให้ 2 Cl^- ซึ่งมีประจุลบเท่ากับ 2 กรัมสมมูล/โมล น้ำหนักกรัมสมมูลหาได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักสาร 1 กรัมสมมูล} = \frac{111 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{2 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 55.5 \text{ กรัม/กรัมสมมูล}$$

โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1 โมล มีน้ำหนักเท่ากับ 74.55 กรัม ซึ่งเมื่อแตกตัวแล้วจะให้ K^+ ซึ่งให้ประจุบวกเท่ากับ 1 กรัมสมมูล/โมล และให้ Cl^- 1 กรัมสมมูล/โมล น้ำหนักกรัมสมมูลหาได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักของสาร 1 กรัมสมมูล} = \frac{74.55 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{1 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 74.55 \text{ กรัม/กรัมสมมูล}$$

5.4 การหาน้ำหนักกรัมสมมูลของสารสำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน น้ำหนักกรัมสมมูลของสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน– รีดักชัน คือน้ำหนักเป็นกรัมของสารที่เมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้ว สามารถให้หรือรับอิเล็กตรอนได้จำนวน 1 กรัมสมมูล น้ำหนักกรัมสมมูลสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักสมมูลของตัวออกซิไดส์ หรือ ตัวรีดิวซ์} = \frac{\text{น้ำหนักตามสูตร(กรัม/โมล)}}{\text{จำนวนกรัมสมมูลของอิเล็กตรอนที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา(กรัมสมมูล/โมล)}}$$

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน – รีดักชัน ต่อไปนี้

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

ครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,e^-$$

โดยมี $Zn_{(s)}$ เป็นตัวให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวรีดิวซ์

ครึ่งปฏิกิริยารีดักชัน คือ

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,e^{-} \longrightarrow Cu_{(s)}$$

โดยมี $Cu^{2+}_{(aq)}$ เป็นตัวรับอิเล็กตรอน หรือเป็นตัวออกซิไดส์

จากปฏิกิริยาพบว่า $Zn_{(s)}$ สามารถให้อิเล็กตรอนได้ 2 กรัมสมมูล/โมล และ $Cu^{2+}_{(aq)}$ สามารถรับอิเล็กตรอนได้จำนวน 2 กรัมสมมูล/โมล

น้ำหนักตามสูตรของ $Zn_{(s)}$ = 66.40 กรัม/โมล

ดังนั้นน้ำหนักของ $Zn_{(s)}$ 1 กรัมสมมูล $= \dfrac{66.40 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{2 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$

$= 33.20$ กรัม/กรัมสมมูล

น้ำหนักตามสูตรของ $Cu^{2+}_{(aq)}$ = 63.54 กรัม/โมล

ดังนั้นน้ำหนักของ $Cu^{2+}_{(aq)}$ 1 กรัมสมมูล $= \dfrac{63.54 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{2 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$

$= 31.77$ กรัม/กรัมสมมูล

ตัวอย่างที่ 1.10 อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) และมีน้ำหนักตามสูตรเท่ากับ 78 เมื่อละลายอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ 15.6 กรัม ในน้ำ 250 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นกี่นอร์แมล

อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ 1โมล มีน้ำหนักเท่ากับ 78 กรัม ซึ่งเมื่อแตกตัวแล้วจะให้ไฮดรอกไซด์ไอออนได้ 3 กรัมสมมูล/โมล น้ำหนักกรัมสมมูลหาได้ดังนี้

น้ำหนักของสาร 1 กรัมสมมูล $= \dfrac{78 \text{ กรัม/}\cancel{\text{โมล}}}{3 \text{ กรัมสมมูล/}\cancel{\text{โมล}}}$

$= 26$ กรัม/กรัมสมมูล

จำนวนกรัมสมมูล $Al(OH)_3$ $= \dfrac{15.6\ \cancel{\text{กรัม}}}{26\ \cancel{\text{กรัม}}/\text{กรัมสมมูล}}$

ในสารละลาย 250 มิลลิลิตร มี $Al(OH)_3$ $= 0.6$ กรัมสมมูล

สารละลายใน 1000 มิลลิลิตร มี $Al(OH)_3$ $= \dfrac{0.6 \text{ กรัมสมมูล}}{250\ \underline{\text{มิลลิลิตร}}} \times 1000\ \cancel{\underline{\text{มิลลิลิตร}}}$

ดังนั้นสารละลาย Al(OH)3 มีความเข้มข้น $= 2.4$ นอร์แมล

ตัวอย่างที่ 1.11 สารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ $Ba(OH)_2$ 1 โมล/ลิตร จะมีความเข้มข้นในหน่วยนอร์แมลเป็นเท่าใด

$$\text{สารละลาย } Ba(OH)_2 \text{ 1 โมล/ลิตร} = \frac{\text{1 โมล}}{\text{1 ลิตร}}$$

$Ba(OH)_2$ 1 โมลให้ไฮดรอกไซด์ไอออนได้ 2 กรัมสมมูล

$$\text{สารละลาย } Ba(OH)_2 \text{ 1 โมล/ลิตร} = \frac{1 \cancel{\text{โมล}}}{\text{1 ลิตร}} \times \frac{\text{2 กรัมสมมูล}}{1 \cancel{\text{โมล}}}$$

$$= \frac{\text{2 กรัมสมมูล}}{\text{1 ลิตร}}$$

$$\text{ดังนั้นสารละลาย } Ba(OH)_2 \text{ 1 โมลาร์} = \text{2 นอร์แมล}$$

6. เศษส่วนโมล

เศษส่วนโมล (Mole fraction, X) คือหน่วยความเข้มข้นที่แสดงอัตราส่วนจำนวนโมลขององค์ประกอบใดๆ ต่อจำนวนโมลขององค์ประกอบทั้งหมดในสารละลาย การหาเศษส่วนโมลของสารสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{เศษส่วนโมลขององค์ประกอบ} = \frac{\text{จำนวนโมลขององค์ประกอบใดๆ}}{\text{จำนวนโมลขององค์ประกอบทั้งหมด}}$$

ถ้าสารละลายที่มีองค์ประกอบ 2 ชนิดคือตัวละลาย และตัวทำละลายสามารถหาเศษส่วนโมลของแต่ละองค์ประกอบได้ดังนี้

กำหนดให้ n_A คือ จำนวนโมลของตัวละลาย

n_S คือ จำนวนโมลของตัวทำละลาย

$$\text{เศษส่วนโมลของตัวละลาย } (X_A) = \frac{n_A}{n_A + n_S}$$

$$\text{เศษส่วนโมลของตัวละลาย } (X_S) = \frac{n_S}{n_A + n_S}$$

ตัวอย่าง 3.12 สารละลายที่ประกอบด้วย น้ำ (H_2O) จำนวน 10 กรัม เมทานอล (CH_3OH) จำนวน 10 กรัม และ เอทานอล (C_2H_5OH) จำนวน 10 กรัม จงคำนวณหาเศษส่วนโมลของแต่ละองค์ประกอบในสารละลายนี้

น้ำหนัก 1 โมลของน้ำ = 18 กรัม/โมล

จำนวนโมลของน้ำ(n_{H_2O}) = $\frac{18 \text{ กรัม/โมล}}{10 \text{ กรัม}}$

= 1.80 โมล

น้ำหนัก 1 โมลของเมทานอล = 32 กรัม/โมล

จำนวนโมลของเมทานอล (n_{CH_3OH}) = $\frac{10 \text{ กรัม}}{32 \text{ กรัม/โมล}}$

= 0.31 โมล

น้ำหนัก 1 โมลของเอทานอล = 45 กรัม/โมล

จำนวนโมลของเอทานอล ($n_{C_2H_5OH}$) = $\frac{10 \text{ กรัม}}{45 \text{ กรัม/โมล}}$

= 0.22 โมล

เศษส่วนโมลของน้ำ (X_{H_2O}) = $\frac{n_{H_2O}}{n_{H_2O} + n_{CH_3OH} + n_{C_2H_5OH}}$

= $\frac{1.80 \text{ โมล}}{(1.80 + 0.31 + 0.22) \text{ โมล}}$

= 0.77

เศษส่วนโมลของเมทานอล (X_{CH_3OH}) = $\frac{n_{CH_3OH}}{n_{H_2O} + n_{CH_3OH} + n_{C_2H_5OH}}$

= $\frac{0.31 \text{ โมล}}{(1.80 + 0.31 + 0.22) \text{ โมล}}$

= 0.13

$$\text{เศษส่วนโมลของเมทานอล } (X_{C_2H_5OH}) = \frac{n_{C_2H_5OH}}{n_{H_2O} + n_{CH_3OH} + n_{C_2H_5OH}}$$

$$= \frac{0.22 \ \cancel{\text{โมล}}}{(1.80 + 0.31 + 0.22) \cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 0.09$$

เมื่อนำเศษส่วนโมลขององค์ประกอบทั้งหมดมารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ และถ้าต้องการให้อยู่ในหน่วยร้อยละโดยโมลเปอร์เซ็นต์ (Mole percent) สามารถทำได้โดยการนำเศษส่วนโมลคูณด้วย 100 ดังนี้

ร้อยละโดยโมล = เศษส่วนโมล × 100

7. ส่วนในล้านส่วน และ ส่วนในพันล้านส่วน

ส่วนในล้านส่วน และ ส่วนในพันล้านส่วน (Parts per million, ppm and Parts per billion, ppb) คือหน่วยความเข้มข้นที่ระบุกรัมของตัวละลายในสารละลายล้านกรัม หรือ พันล้านกรัม ซึ่งจะใช้ในการระบุความเข้มข้นของสารละลายที่มีตัวละลายอยู่น้อยมากๆ

$$\text{ส่วนในล้านส่วน (ppm)} = \frac{\text{จำนวนกรัมของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของสารละลาย } 10^6 \text{ กรัม}}$$

$$\text{ส่วนในพันล้านส่วน (ppb)} = \frac{\text{จำนวนกรัมของตัวละลาย}}{\text{ปริมาณของสารละลาย } 10^9 \text{ กรัม}}$$

เนื่องจากสารละลายที่เจือจางมากๆ น้ำหนักของสารละลายจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักของตัวทำละลาย เมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งมีค่าความหนาแน่นเข้าใกล้ 1 กรัม/มิลลิลิตร ดังนั้นสามารถเขียนความสัมพันธ์เทียบกับปริมาตรของสารละลายได้ดังนี้

$$\text{ส่วนในล้านส่วน} = \frac{\text{มิลลิกรัม}}{\text{ลิตร}} = \frac{\text{ไมโครกรัม}}{\text{มิลลิลิตร}}$$

$$\text{ส่วนในพันล้านส่วน} = \frac{\text{ไมโครกรัม}}{\text{ลิตร}} = \frac{\text{นาโนกรัม}}{\text{มิลลิลิตร}}$$

ในกรณีที่เป็นแก๊สมักจะหมายถึงอัตราส่วนโดยปริมาตร เช่น ในชั้นบรรยากาศมีแก๊สมีเทนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 1774 ppb หมายความว่าในอากาศปริมาตร 1 ลิตรจะมีแก๊สมีเทนปนอยู่ 1774 นาโนลิตร (1 L = 10^9 nL)

ตัวอย่างที่ 3.13 จะต้องใช้ $CuSO_4$ หนักเท่าใดในการเตรียมสารละลาย Cu^{2+} เข้มข้น 10 ส่วนในล้านส่วน ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

สารละลาย Cu^{2+} เข้มข้น 10 ส่วนในล้านส่วน หมายถึง

สารละลาย 1 ลิตร (1000 มิลลิลิตร) จะมี Cu^{2+} = 10 มิลลิกรัม

ในสารละลาย 250 มิลลิลิตร จะมี Cu^{2+} = $\frac{10 \text{ มิลลิกรัม} \times 250 \cancel{\text{มิลลิลิตร}}}{1000 \cancel{\text{มิลลิลิตร}}}$

= 2.5 มิลลิกรัม

ตัวอย่างที่ 1.14 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำพบว่ามีปริมาณโลหะตะกั่วเข้มข้น 0.05 ส่วนในล้านส่วน ถ้าบริโภคน้ำจากแหล่งดังกล่าววันละ 1.8 ลิตร ใน1 ปีจะได้รับโลหะตะกั่วเข้าสู่ร่างกายปริมาณเท่าใด

ความเข้มข้นโลหะตะกั่วในน้ำเท่ากับ 0.05 ส่วนในล้านส่วน หมายถึง

ในสารละลาย 1 ลิตร มีโลหะตะกั่ว = 0.05 มิลลิกรัม

บริโภควันละ 1.8 ลิตร จะได้รับโลหะตะกั่ว = $\frac{0.05 \text{ มิลลิกรัม} \times 1.8 \cancel{\text{ลิตร}}}{1 \cancel{\text{ลิตร}}}$

= 0.09 มิลลิกรัม/ วัน

ในเวลา 1 ปี (365 วัน) จะได้รับโลหะตะกั่ว = 0.09 มิลลิกรัม/ $\cancel{\text{วัน}}$ × 365 $\cancel{\text{วัน}}$

= 32.85 มิลลิกรัม

หน่วยความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลาย โดยสรุปแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 1.7 หน่วยความเข้มข้นต่างๆ ของสารละลาย

หน่วยความเข้มข้น	ความหมาย	สัญลักษณ์
โมลาริตี (Molarity)	$\frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย 1 ลิตร}}$	M
ฟอร์มาลิตี (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
เศษส่วนโมล (mole fraction)	$\frac{\text{จำนวนโมลขององค์ประกอบใดๆ}}{\text{จำนวนโมลขององค์ประกอบทั้งหมด}}$	X
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

การเตรียมสารละลาย

การปฏิบัติการทางเคมีในห้องปฏิบัติการ อาทิเช่น การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี การวิเคราะห์เชิงปริมาณ และ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมีต่างๆ ในรูปของสารละลาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำสารเคมีที่ใช้ในการทดลองมาเตรียมให้อยู่ในรูปสารละลายที่มีความเข้มข้นที่แน่นอนถูกต้องตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การเตรียมสารละลายจะมีความเข้มข้นถูกต้องเพียงใดนั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างได้แก่ คุณภาพหรือเกรดของสารเคมี อุปกรณ์และเครื่องแก้วที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย และทักษะของผู้ปฏิบัติงาน สำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณ การเตรียมสารละลายจะต้องมีความถูกต้องสูงซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อผลการวิเคราะห์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้สารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง อุปกรณ์และเครื่องแก้วที่มีความละเอียดสูง มีความคลาดเคลื่อนต่ำ และ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องใช้ความละเอียดรอบคอบในการทำงาน โดยการเตรียมสารละลาย หมายถึง การเตรียมสารละลายโดยนำตัวละลายมาเติมตัวทำละลายให้ได้ความเข้มข้น และปริมาตรตามที่กำหนด การเตรียมสารละลายโดยทั่วไปมี 3 ลักษณะ คือ การนำสารที่เป็นของแข็งบริสุทธิ์มาละลายในตัวทำละลาย การนำสารละลายที่มีอยู่แล้วมาทำให้เจือจาง และการนำสารละลายเดียวกันที่มีความเข้มข้นต่างกันมาผสมกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์

ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร โดยมีปริมาตรของสารละลาย 500 มิลลิลิตร (น้ำหนักเชิงโมเลกุลของ NaOH = 40) การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์มีขั้นตอนดังนี้

1. การคำนวณหาน้ำหนักตัวละลายที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลาย ซึ่งปริมาณตัวละลายนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ปริมาตรของสารละลาย และหน่วยของความเข้มข้นที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปในห้องปฏิบัติการนิยมใช้หน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมล/ลิตร (โมลาร์) ตัวอย่างการคำนวณปริมาณตัวละลายเพื่อเตรียมสารละลายในหน่วยโมล/ลิตร เป็นดังนี้

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมล/ลิตรปริมาตร 500 มิลลิลิตร

$$\text{ต้องใช้น้ำหนักของ NaOH} = 500\ \cancel{\text{มิลลิลิตร}} \times \frac{0.1\ \cancel{\text{โมล}}}{1000\ \cancel{\text{มิลลิลิตร}}} \times \frac{40\ \text{กรัม}}{1\ \cancel{\text{โมล}}}$$

$$= 2.0000\ \text{กรัม}$$

2. การละลายตัวละลาย ให้เป็นสารละลาย โดย ทำการชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 2.0000 กรัม ด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง ถ่ายลงในบิกเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่น คนด้วยแท่งแก้วคนจนโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายจนหมด น้ำกลั่นที่ใช้ในการละลายต้องใช้ปริมาตรพอให้สารละลายเท่านั้นและต้องน้อยกว่าปริมาตรสารละลายที่ต้องการเตรียม ถ่ายสารละลายจากบิกเกอร์ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใช้กรวยแก้ว ทำการกลั่วบิกเกอร์ แท่งแก้วคน กรวยแก้ว เพื่อล้างสารละลายที่ติดค้างอยู่ให้หมดด้วยน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนใกล้ถึงขีดบอกปริมาตร แล้วปิดจุกขวดวัดปริมาตรกลับขวดขึ้นลงให้สารละลายจนเป็นเนื้อเดียวกันตั้งทิ้งไว้จนสารละลาย ที่ค้างอยู่ที่คอขวดไหลลงมาจนหมด แล้วจึงใช้หลอดหยดสารดูดน้ำกลั่นค่อยๆ เติมลงไปจนส่วนโค้งต่ำสุดของสารละลายอยู่ตรงขีดบอกปริมาตรที่บริเวณคอขวด ปิดจุกขวดวัดปริมาตรแล้วกลับขวดขึ้นลงจนสารผสมเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้ง ก็จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการ

3. ถ่ายสารละลายใส่ภาชนะเก็บสารละลายที่เหมาะสม (สารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ต้องเก็บในภาชนะพลาสติก) ปิดฉลากบอกรายละเอียดของสารละลาย โดยระบุชื่อสาร สูตรเคมี ความเข้มข้น และวันที่เตรียมสาร ในกรณีที่สารที่ต้องการเตรียมเป็นสารที่ดูดความชื้นหรือชั่งน้ำหนักตามที่คำนวณได้ยาก อาจทำการชั่งน้ำหนักที่แน่นอนให้ใกล้เคียงกับน้ำหนักที่คำนวณได้นำมาเตรียมเป็นสารละลายแล้วจึงคำนวณหาความเข้มข้นที่แท้จริงอีกครั้ง การละลายสารเคมีบางชนิดอาจเกิดการคายความร้อนหรือดูดความร้อน จะต้องตั้งสารละลายไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนแล้วจึงทำการปรับปริมาตรของสารละลาย

2. การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น

การเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้นเป็นการเตรียมสารละลายโดยใช้สารละลายที่มีอยู่แล้วซึ่งมีความเข้มข้นมากกว่าสารละลายที่ต้องการจะเตรียม แล้วนำมาทำให้เจือจาง หรือลดความเข้มข้นลง โดยการเติมตัวทำละลาย ซึ่งถ้าต้องการให้ความเข้มข้นของสารละลายที่เตรียมได้นั้นมีความถูกต้อง การใช้อุปกรณ์ในการวัดปริมาตรจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยๆ เช่น ปิเปตต์ และขวดวัดปริมาตรจะมีคลาดเคลื่อนน้อยกว่ากระบอกตวงหรือบีกเกอร์ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ในปริมาตร 250 มิลลิลิตร จากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 1.0 โมล/ลิตร จะมีขั้นการเตรียมดังนี้

1. คำนวณหาปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 โมล/ลิตร ที่ต้องใช้ ในการเตรียมสารละลายใหม่ โดยมีหลักว่าจำนวนโมลของสารเท่าเดิมแต่ความเข้มข้นเปลี่ยนไป ดังนี้

จำนวนโมลของสารที่มีอยู่แล้วที่ใช้ = จำนวนโมลของสารหลังเจือจาง

สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

กำหนดให้ C_1 เป็นความเข้มข้นสารละลายที่มีอยู่แล้ว

V_1 เป็นปริมาตรของสารละลายที่มีอยู่แล้วที่ใช้

C_2 เป็นความเข้มข้นสารละลายที่ต้องการเตรียม

V_2 เป็นปริมาตรของสารละลายที่ต้องการเตรียม

แทนค่าเพื่อคำนวณหาปริมาตรของสารละลายที่มีอยู่แล้วที่ต้องใช้

1.0 โมล/ลิตร $\times V_1$ = 0.1 โมล/ลิตร $\times$ 250 มิลลิลิตร

$$V_1 = \frac{0.1 \text{ ~~โมล/ลิตร~~} \times 250 \text{ มิลลิลิตร}}{1.0 \text{ ~~โมล/ลิตร~~}}$$

$$= 25 \text{ มิลลิลิตร}$$

ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 โมล/ลิตร ที่ต้องใช้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร

2. การเจือจางสารละลาย โดยทำการปิเปตต์สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.0 โมล/ลิตร ให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วถ่ายสารละลายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติมน้ำกลั่นลงไปจนส่วนโค้งต่ำสุดของสารละลายอยู่ตรงขีดบอกปริมาตรที่บริเวณคอขวด ปิดจุกขวดวัดปริมาตรแล้วกลับขวดขึ้นลงจนสารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ที่มีปริมาตร 250 มิลลิลิตรตามต้องการ

3. ถ่ายสารละลายใส่ภาชนะเก็บสารละลายที่เหมาะสม ปิดฉลากบอกรายละเอียดของสารละลาย โดยระบุชื่อสาร สูตรเคมี ความเข้มข้น และวันที่ทำการเตรียมสารละลาย

3. การนำสารละลายเดียวกันที่มีความเข้มข้นต่างกันมาผสมกัน

เมื่อนำสารละลายเดียวกันที่มีความเข้มข้นต่างกันมาผสมกันจำนวนโมลรวมของตัวละลายก่อนผสมจะเท่ากับจำนวนโมลของตัวละลายหลังผสม ดังนี้

จำนวนโมลรวมของสารก่อนผสม = จำนวนโมลของสารหลังผสม

$$C_1V_1 + C_2V_2 + \dots C_nV_n = C_{\text{สารละลายผสม}}V_{\text{สารละลายผสม}}$$

กำหนดให้ $C_1\ C_2 \dots C_n$ เป็นความเข้มข้นสารละลายที่นำมาผสมกัน

$V_1\ V_2 \dots V_n$ เป็นปริมาตรของสารละลายที่นำมาผสมกัน

$C_{\text{สารละลายผสม}}$ เป็นความเข้มข้นสารละลายผสม

$V_{\text{สารละลายผสม}}$ เป็นปริมาตรของสารละลายผสม $(V_1 + V_2 + \dots V_n)$

ตัวอย่างเช่นเมื่อนำสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 โมล/ลิตร ที่มีปริมาตร 100 และ 150 ตามลำดับ มาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกที่เตรียมได้สามารถคำนวณได้ดังนี้

จาก $C_1V_1 + C_2V_2 + \dots C_nV_n = C_{\text{สารละลายผสม}}V_{\text{สารละลายผสม}}$

จะได้ว่า

$$(0.1 \text{ โมล/ลิตร} \times 100 \text{ มิลลิลิตร}) + (0.5 \text{ โมล/ลิตร} \times 150 \text{ มิลลิลิตร}) = C_{\text{สารละลายผสม}} \times 150 \text{ มิลลิลิตร}$$

$$C_{\text{สารละลายผสม}} = \frac{85\ \cancel{\text{มิลลิลิตร}} \times \text{โมล/ลิตร}}{150\ \cancel{\text{มิลลิลิตร}}}$$

$$= 0.57 \text{ โมล/ลิตร}$$

ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกที่เตรียมได้สารละลายผสมมีค่าเท่ากับ 0.57 โมล/ลิตร

สรุป

เคมีวิเคราะห์ คือวิชาที่ใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางเคมีในการการตรวจสอบ จำแนกชนิด และหาปริมาณ ขององค์ประกอบต่าง ๆ ทางเคมีของสสาร โดยแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารต่างๆ และ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ คือ การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบหาปริมาณของธาตุองค์ประกอบ ชนิด หรือสารประกอบในสารตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีโดยทั่วไปจำแนกออกเป็น วิธีการวิเคราะห์แบบต้นฉบับ และวิธีวิเคราะห์โดยเครื่องมือ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งวิธีการวิเคราะห์ในลักษณะอื่นๆ ได้ ขึ้นอยู่กับ

เกณฑ์ที่นำมาใช้ในการจำแนก การวิเคราะห์ทางเคมีจำเป็นต้องเข้าใจเทคนิคในการวิเคราะห์ต่างๆ ซึ่งหมายถึงกระบวนการทางเคมีหรือทางเคมีกายภาพที่ใช้สำหรับการตรวจวัดในแต่ละการวิเคราะห์ โดยต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสมบัติของอะตอมและโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบในสารตัวอย่าง จึงจะช่วยให้การตรวจสอบชนิด หรือวัดปริมาณของอะตอมและโมเลกุลที่สนใจภายใต้สภาวะที่ควบคุมได้อย่างถูกต้อง

ความรู้พื้นฐานในการศึกษาทางด้านเคมีวิเคราะห์ และการปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์ที่สำคัญ ได้แก่ ความรู้และความเข้าใจในการวัดปริมาณต่างๆ ดังนั้นจะต้องศึกษาการวัดหน่วยของการวัดเพื่อที่จะได้รับข้อมูลที่ถูกต้องจากการทดลอง สำหรับการวิเคาะห์ทางเคมีความรู้พื้นฐานอีกประการหนึ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งคือ ความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย และวิธีการเตรียมสารละลาย เนื่องจากกระบวนการที่สำคัญทางด้านปริมาณวิเคราะห์จะเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารมาตรฐานที่รู้ความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารตัวอย่างที่ต้องการหาปริมาณ ดังนั้นในการดำเนินการใดๆ ในการปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์จะต้องมีการว่างแผนและปฏิบัติการด้วยความละเอียดรอบคอบ และมีการตรวจสอบซ้ำในเรื่องของหน่วยและความเข้มข้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

คำถามท้ายบท

1. ให้อธิบายความหมายของเคมีวิเคราะห์
2. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและการวิเคราะห์เชิงปริมาณแตกต่างกันอย่างไร
3. ถ้าจำแนกวิธีการวิเคราะห์ด้วยปริมาณสารตัวอย่างสามารถจำแนกได้แก่วิธี อะไรบ้าง
4. ขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางเคมีประกอบด้วยอะไรบ้าง
5. สารตัวอย่างนำหนัก 1.56×10^{-4} กรัม มีน้ำหนักเท่าใดในหน่วยต่อไปนี้
   ก. มิลลิกรัม ข. ไมโครกรัม ค. เดซิกรัม ง.กิโลกรัม
6. จงบอกความแตกต่างของหน่วยความเข้มข้นโมลาร์และฟอร์แมล
7. ต้องใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) กี่กรัมในการเตรียมสารละลาย Cu^{2+} เข้มข้น 50 pm ปริมาตร 250 มิลลิลิตร
8. เมื่อผสมเอทานอล (C_2H_5OH) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ความหนาแน่น= 0.79 กรัม/มิลลิลิตร) กับน้ำ (ความหนาแน่น = 1 กรัม/มิลลิลิตร) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่อไปนี้ (มวลอะตอมของ H = 1 C = 12 O = 16)
   ก. โมล/ลิตร ข. โมล/กิโลกรัม ค. เศษส่วนโมล ง. ร้อยละโดยโมล

9. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 โมล/ลิตร ปริมาตร 75 มิลลิลิตร เมื่อเติมน้ำลงในสารละลายนี้อีก 25 มิลลิลิตร ความเข้มข้นใหม่ของสารละลายจะเป็นเท่าใด
10. ผสมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับ สารละลายกรดกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.4 นอร์แมล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร สารละลายผสมมีความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเท่ากับกี่โมล/ลิตร

เอกสารอ้างอิง

ชูติมา ศรีวิบูลย์. (2544). **เคมีวิเคราะห์ 1**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. (2548). **เคมีปริมาณวิเคราะห์**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Bakeev K. A. (2010). **Process Analytical Technology** 2nd edition. United Kingdom: Wiley & Sons, Ltd.

Christian, G. D. (2004). **Analytical Chemistry** 6th edition. United States: John Wiley & Sons, Inc.

Daniel, C. H. (2007). **Quantitative ChemistryAnalysis** 7th edition. New York: W.H. Freeman and Company.

David H. (2000). **Modern Analytical Chemistry** 1st edition. North America: McGraw-Hill.

Dean, J. A., & Lange, N. A. (1999). **Lange's handbook of chemistry** 15th edition. New York: McGraw-Hill.

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

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

McMahon, G. (2007). **Analytical Instrumentation** 1st edition. England: John Wiley & Sons, Inc.