บทที่ 4

รีเอเจนต์ หน่วยความเข้มข้น และการคำนวณ

รีเอเจนต์หรือสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป มีระดับความบริสุทธิ์ที่แตกต่างกัน การเลือกใช้รีเอเจนต์หรือสารเคมีให้เหมาะสมกับงาน ควรพิจารณาถึงระดับความบริสุทธิ์ของรีเอเจนต์หรือสารเคมีนั้น ๆ ในการเตรียมสารละลายจากรีเอเจนต์หรือสารเคมีที่เลือก เพื่อให้มีความเข้มข้นตามต้องการ จำเป็นต้องคำนวณหาปริมาณของรีเอเจนต์ที่ใช้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน

รีเอเจนต์

รีเอเจนต์ (reagent) เป็นสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีสวนประกอบทางเคมีและมีน้ำหนักโมเลกุลที่แน่นอน นอกจากนี้ต้องมีความบริสุทธิ์เพียงพอที่จะนำมาใช้งาน ความบริสุทธิ์ของรีเอเจนต์จะมีอยู่หลายระดับ และมักเรียกระดับความบริสุทธิ์นี้ว่า เกรด (grade) ในการเลือกใช้รีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์แตกต่างกัน จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับงาน เพราะจะทำให้การวิเคราะห์ได้ผลผิดพลาดน้อยที่สุด เช่น ถ้าต้องการผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูง จะต้องใช้รีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์สูง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในการใช้รีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์สูง ๆ ราคาของรีเอเจนต์นั้นจะสูงตาม

ความบริสุทธิ์ของเนื้อสารด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น สารเคมีที่บริสุทธิ์ 99.98% จะมีราคาสูงกว่าสารที่บริสุทธิ์ 99.90% ประมาณ 2 เท่าของสารเคมีชนิดเดียวกัน เป็นต้น

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับรีเอเจนต์ จะกล่าวในหัวข้อตามลำดับต่อไปนี้

1. การแบ่งเกรดของรีเอเจนต์

แม้ยังไม่มีกฎของประเทศใดประเทศหนึ่ง หรือกฎระหว่างประเทศที่จะควบคุมความบริสุทธิ์ของสารเคมี แต่หลายองค์กรทางวิทยาศาสตร์ได้สร้างมาตรฐานอย่างต่ำสำหรับสารเคมีธรรมดาจำนวนมาก และโรงงานที่ผลิตสารเคมีส่วนใหญ่ได้ใช้มาตรฐานดังกล่าวแบ่งระดับความบริสุทธิ์ของสารเคมีตามเนื้อสารที่มีอยู่ ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1.1 **รีเอเจนต์เกรดการค้า** (Practical หรือ Technical หรือ Commercial grade) รีเอเจนต์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะไม่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แต่จะนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะเป็นสารเคมีที่มีสารอื่นเจือปนอยู่มาก จึงทำให้รีเอเจนต์ชนิดนี้มีความบริสุทธิ์ของเนื้อสารต่ำ โดยทั่วไปมักจะไม่ระบุเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ไว้ และไม่มีรายละเอียดของสิ่งเจือปน สารเคมีชนิดนี้มีราคาต่ำเมื่อเทียบกับสารเคมีประเภทอื่น ๆ การระบุเกรดของสารเคมีชนิดนี้บนฉลากข้างขวดสารอาจเขียนเป็น Technical หรือ Techn. หรือ Tech. แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต

อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งการนำรีเอเจนต์เกรดนี้มาใช้ในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้ โดยเลือกใช้ให้เหมาะกับงานที่ไม่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับความบริสุทธิ์ของสารมากนัก เช่น การสังเคราะห์สารบางชนิด การทดลองที่ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโดยไม่เน้นปริมาณ ตลอดจนการเตรียมสารละลายล้างเครื่องแก้ว เป็นต้น

1.2 **รีเอเจนต์เกรดปฏิบัติการ** (Laboratory หรือ Lab grade) เป็นรีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่ารีเอเจนต์เกรดการค้า ความบริสุทธิ์ของรีเอเจนต์ชนิดนี้จะสูงกว่า 95% และมีสิ่งเจือปนในปริมาณปานกลาง สารเคมีเกรดปฏิบัติการเหมาะกับการใช้งานทั่วไปในห้องปฏิบัติการ เช่น งานคุณภาพวิเคราะห์ และใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ สารเคมีเกรดนี้จะรวมถึงสารเคมีเกรดยา (Pharmaceutical grade) เช่น BP (British pharmacopoeia) BPC (British Pharmaceutical Codex) และ USP (United States Pharmacopoeia) เป็นต้น สารเคมีเกรดปฏิบัติการและเกรดยา จะมีราคาสูงกว่าเกรดการค้า

1.3 **รีเอเจนต์เกรดงานวิเคราะห์** (Analytical Reagent grade; A.R. grade หรือ Reagent Grade; R.G.) เป็นรีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่ารีเอเจนต์เกรดปฏิบัติการ ความบริสุทธิ์ของรีเอเจนต์เกรดงานวิเคราะห์จะสูงมากถึง 99.9% และมีสิ่งเจือปนน้อยหรือไม่เกิน 0.02% โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตจะต้องระบุปริมาณ และชนิดของสิ่งเจือปนไว้บนฉลากอย่างชัดเจน เนื่องจากสารเคมีชนิดนี้เป็นสารเคมีเกรดสูง ดังนั้นจึงมีราคาแพง ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในงานทั่วไป แต่จะใช้กับงานวิเคราะห์ทางปริมาณที่ต้องการความถูกต้องสูง ๆ โดยทั่วไปจะใช้สารเคมีเกรดนี้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานได้ดีที่สุด

นอกจากนี้ยังมีสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์เทียบเท่ากับระดับ A.R. grade เช่น The American Chemical Society (ACS) โดยได้รับการตรวจสอบมาตรฐานจาก ACS ซึ่งเป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา

1.4 **รีเอเจนต์เกรดมาตรฐานปฐมภูมิ** (Primary-standard grade) เป็นรีเอเจนต์ที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าเกรดงานวิเคราะห์ ความบริสุทธิ์ของสารเคมีเกรดนี้จะต้องผ่านการตรวจสอบโดย The Nation Bureau of Standards ที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้ และจะแสดงผลไว้บนฉลากของสารเคมีด้วย สารเคมีเกรดนี้จึงมีไม่ครบทุกชนิด เพราะมีสารเคมีบางชนิดเท่านั้น ที่มีความบริสุทธิ์ระดับนี้ได้

1.5 **รีเอเจนต์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยหรืองานเฉพาะอย่าง** (Specific-use chemicals) เป็นรีเอเจนต์ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้เฉพาะทางเท่านั้น เช่น สารเคมีประเภท spectral grade ที่ใช้ในงานด้านสเปคโทรโฟโตเมตรี (spectrophotometry) ตัวอย่างเช่น สารอินทรีย์ที่เป็นตัวทำละลายจะต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่ดูดกลืนแสง เป็นต้น

ตัวอย่างของเกรดต่าง ๆ ของสารเคมี ตามบริษัทผู้ผลิต แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 *ตัวอย่างเกรดต่าง ๆ ของสารเคมี ตามบริษัทผู้ผลิต*

AR grade	Lab grade	Commercial grade	บริษัทผู้ผลิต	ประเทศ
UNIVAR	UNILAB, G.P.R., Purified	Technical	AJAX	ออสเตรเลีย
AnalaR	Laboratory reagent Purified	Technical	BDH	อังกฤษ
Pronalys, Analytical Reagent	Laboratory chemicals	Technical	MAY & BAKER	อังกฤษ
GR	Pure, Lab	Technical	MERCK	เยอรมัน
Puriss	Purum, pract	Techn.	FLUKA	สวิตเซอร์แลนด์
'Baker Analyzed' REAGENT	BAKER, C.P., Practical, Purified	Technical	J.T. Baker	สหรัฐอเมริกา

เมื่อ G.P.R. คือ General Purpose Reagents
GR คือ Guaranteed reagents for analysis work
Techn. คือ Technical grade
C.P. คือ Chemical pure

2. การตรวจสอบรายละเอียดของสารเคมีก่อนนำไปใช้

รายละเอียดของสารเคมีที่ระบุไว้บนฉลากข้างขวด เป็นข้อมูลที่ต้องตรวจสอบก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดหรือเกิดอันตรายขึ้นในขณะที่ทำการทดลอง การตรวจสอบสารเคมีสามารถทำได้โดยอ่านรายละเอียดจากข้อมูลที่ระบุไว้บนฉลากข้างขวดที่มีรายการดังต่อไปนี้

1. ชื่อสารเคมี จะเป็นภาษาอังกฤษถ้าบริษัทผู้ผลิตอยู่ในประเทศอังกฤษ หรือสหรัฐอเมริกา แต่ถ้าผู้ผลิตอยู่ในประเทศอื่นที่ไม่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาราชการ เช่น ประเทศเยอรมัน ชื่อสารเคมี จะเป็นภาษาเยอรมัน เป็นต้น

2. เกรด สารเคมีทุกขวดจะต้องบอกเกรดไว้ด้วยเสมอ เช่น AnalaR, GR, AR หรือ RG ซึ่งหมายถึงสารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ ถ้าเขียนเป็น Laboratory reagent Purified, UNILAB, G.P.R., Practical, Pure, Purum หรือ Lab จะหมายถึงสารเคมีเกรดปฏิบัติการ

3. บริษัทผู้ผลิต เช่น AJAX, MAY & BAKER, MERCK และ FLUKA เป็นต้น

4. สูตรโมเลกุล และมวลโมเลกุล ในบางครั้งอาจเขียนสูตรโครงสร้างไว้ด้วย

5. ความบริสุทธิ์ (assay) ของสารเคมี หรือความบริสุทธิ์ของเนื้อสาร จะรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (w/w) และรายงานเปอร์เซ็นต์ของสิ่งเจือปน (impurities) ไว้ด้วย

6. ความหนาแน่น (density) หรือความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของสาร ถ้าสารเคมีนั้นเป็นของเหลว

7. ถ้าเป็นสารอินทรีย์จะต้องบอกจุดเดือด (boiling point) และจุดหลอมเหลว (melting point) ของสารนั้นไว้ แต่ถ้าเป็นสารอนินทรีย์บางชนิด อาจบอกไว้ด้วย

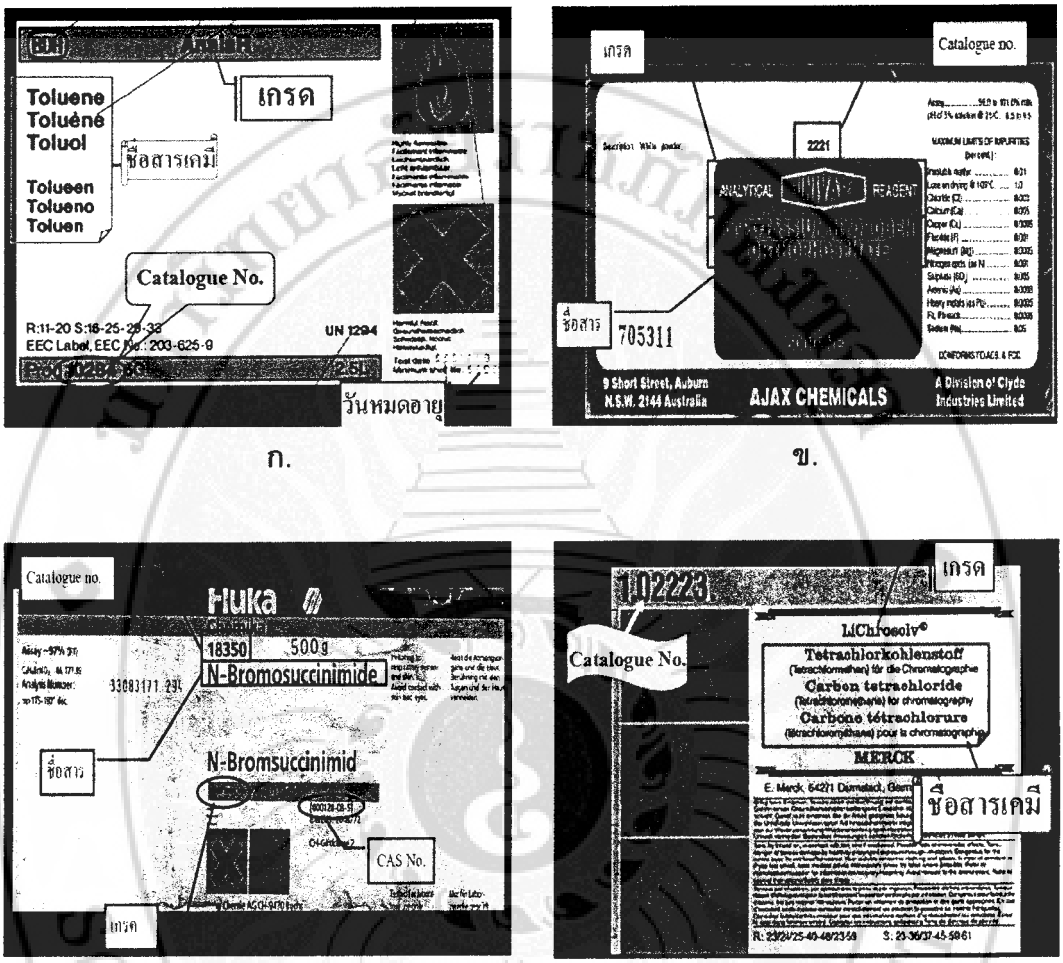
8. ดัชนีหักเห (refractive index) ถ้าสารเคมีนั้นเป็นของเหลว

9. ปริมาณที่บรรจุ (ปริมาณสุทธิ) อาจเป็นกรัม กิโลกรัม หรือ ปอนด์ ถ้าสารเคมีเป็นของแข็ง แต่ถ้าสารเคมีนั้นเป็นของเหลว ปริมาณที่บรรจุจะระบุเป็น ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลบ.ดม. ; dm^3) หรือลูกบาศก์เซนติเมตร (ลบ.ซม. ; cm^3) เป็นต้น

10. Catalog number และ Lot number

11. สำหรับสารเคมีที่เป็นอันตราย จะบอกสัญลักษณ์บอกอันตราย (hazard symbols) และคำเตือน (warning) ไว้ ซึ่งสัญลักษณ์ต่าง ๆ นี้ จะใช้กันในสากล และทราบโดยทั่วไป

ตัวอย่างของฉลากสารเคมีที่มีรายละเอียดต่าง ๆ แสดงไว้ในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 *ฉลากสารเคมีต่าง ๆ จากผู้ผลิตหลายบริษัท*

(ก) Toluene ผลิตจากบริษัท BHD

(ข) di-Potassium Hydrogen Orthophosphate ผลิตจากบริษัท AJAX

(ค) N-Bromosuccinimide ผลิตจากบริษัท FLUKA

(ง) Carbon tetrachloride ผลิตจากบริษัท MERCK

การเตรียมสารละลายจากรีเอเจนต์

สารละลาย (solution) คือของผสมเนื้อเดียวที่ประกอบด้วยตัวทำละลาย (solvent) และตัวถูกละลาย (solute) ซึ่งตัวทำละลายจะต้องมีปริมาณมาก และ/หรือมีสถานะทางกายภาพเหมือนกับสารละลาย ส่วนตัวถูกละลายจะมีปริมาณน้อยกว่า และอาจมีสถานะทางกายภาพแตกต่างจากสารละลาย

สารละลายที่เตรียมเพื่อนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และเรียกสารละลายนี้ว่า สารละลายน้ำ (aqueous solution) ในปัจจุบันมักใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำดีไอออไนส์ (deionized water) แทนน้ำกลั่น เพราะสะดวกและรวดเร็ว น้ำดีไอออไนส์เป็นน้ำที่ไม่มีไอออนของสารใด ๆ ปนอยู่ เนื่องจากในกระบวนการผลิตน้ำได้ผ่านการกำจัดไอออนบวกและไอออนลบด้วยเรซินทั้งชนิดแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchanger) และเรซินชนิดแลกเปลี่ยนไอออนลบ (anion exchanger)

สำหรับการเตรียมสารละลายที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ อาจเตรียมได้จากรีเอเจนต์ที่เป็นของแข็งและของเหลว หรืออาจเตรียมได้จากการเจือจางสารละลายที่มีอยู่แล้ว ในการเตรียมสารละลายจำเป็นต้องคำนวณหาปริมาณของรีเอเจนต์ที่นำมาใช้ การคำนวณจะมีวิธีที่แตกต่างกัน รายละเอียดของการคำนวณสำหรับการเตรียมสารละลาย แบ่งออกได้ดังนี้

1. การเตรียมสารละลายจากรีเอเจนต์ของแข็ง

เนื่องจากสารละลายที่เตรียมด้วยรีเอเจนต์ประเภทนี้ จำเป็นต้องคำนวณหาน้ำหนักของรีเอเจนต์ที่ใช้ให้สอดคล้องกับหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย จึงทำให้มีการคำนวณด้วยวิธีที่แตกต่างกัน รายละเอียดการคำนวณมีดังไปนี้

1.1 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นที่แสดงเป็นโมลาร์ (Molar concentration หรือ Molarity ; M) **หรือฟอร์แมล** (Formal concentration หรือ Formality ; F) ถ้าไม่คำนึงถึงการแตกตัวของรีเอเจนต์ที่เป็นตัวถูกละลายในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ การคำนวณความเข้มข้นที่แสดงเป็นโมลาร์หรือฟอร์แมลจะใช้วิธีแบบเดียวกัน

โมลาร์ เป็นความเข้มข้นของสารละลายที่แสดงถึงอัตราส่วนของน้ำหนักของสารต่อปริมาตรของสารละลาย โดยที่น้ำหนักของสารจะใช้หน่วยเป็นจำนวนโมล ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาร์จึงหมายถึง จำนวนโมลของตัวถูกละลายที่มีอยู่ใน

สารละลาย 1 ลบ.ดม. เช่น เมื่อละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล ลงในน้ำ แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตรครบ 1 ลบ.ดม. สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1 โมลาร์ โดยที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 1 โมล มีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ 40 กรัม จากความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{โมลาร์} = \frac{\text{จำนวนโมลของสาร}}{\text{สารละลายปริมาตร 1ลบ.ดม.}} \qquad .....(4.1)$$

$$\text{เมื่อ จำนวนโมลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักของสารเป็นกรัม}}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของสาร}} \qquad .....(4.2)$$

ตัวอย่างที่ 4.1 การเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เข้มข้น 0.050 โมลาร์ จำนวน 250 ลบ.ซม. จะต้องใช้โซเดียมคาร์บอเนตที่บริสุทธิ์หนักกี่กรัม

วิธีทำ น้ำหนักโมเลกุลของ Na_2CO_3 = 105.99 g/mol

ในการเตรียมสารละลาย Na_2CO_3 1 M จะใช้ Na_2CO_3 = 105.99 g

ถ้าเตรียมสารละลาย Na_2CO_3 0.050 M จะใช้ Na_2CO_3 = 105.99×0.050 g

= 5.2995 g

แต่ต้องการสารละลาย Na_2CO_3 0.050 M เพียง 250 cm^3

ดังนั้นจึงต้องใช้ Na_2CO_3 = น้ำหนักของ Na_2CO_3ใน 1 ลบ.ดม. (g/dm^3) × ปริมาตร (dm^3)

$$= 5.2995 \times \frac{250}{1000}$$

= 1.3249 g

ตัวอย่างที่ 4.2 จงอธิบายการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ($KHC_8H_4O_4$ หรือ KHP) เข้มข้น 0.100 โมลาร์ จำนวน 100 ลบ.ซม.

วิธีทำ น้ำหนักโมเลกุลของ KHP = 204.23 g/mol

สารละลาย KHP เข้มข้น 0.1000 M จำนวน 100 cm^3

มีเนื้อของ KHP = ความเข้มข้น (M) × ปริมาตร (dm^3)

$$= \quad 0.1000 \times \frac{100}{1000}$$

$$= \quad 0.01 \quad \text{โมล}$$

และน้ำหนักของ KHP ที่ใช้ = จำนวนโมล KHP (mol) × น้ำหนักโมเลกุล KHP (g/mol)

$$= \quad 0.01 \times 204.23$$

$$= \quad 2.0423 \quad \text{g}$$

ดังนั้น ในการเตรียมสารละลาย KHP เข้มข้น 0.100 M จำนวน 100 cm^3 จะต้องชั่ง KHP มา 2.0423 g ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 cm^3 ในขวดวัดปริมาตร

1.2 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นที่แสดงเป็นนอร์แมล

(Normal concentration หรือ Normality ; N) นอร์แมล เป็นความเข้มข้นของสารละลายที่แสดงถึงอัตราส่วนของน้ำหนักของตัวถูกละลายต่อปริมาตรของสารละลาย เช่นเดียวกับความเข้มข้นของสารละลายโมลาร์ แต่น้ำหนักของตัวถูกละลายจะใช้หน่วยเป็นจำนวนกรัมสมมูล ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลายนอร์แมล หมายถึง จำนวนกรัมสมมูลของตัวถูกละลาย ที่มีอยู่ในสารละลาย 1 ลบ.ดม. เช่น เมื่อละลายโซเดียมออกซาเลต ($Na_2C_2O_4$) จำนวน 1 กรัมสมมูล ลงในน้ำแล้วทำให้สารละลายมีปริมาตรครบ 1 ลบ.ดม. สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้น 1 นอร์แมล จากความสัมพันธ์ดังกล่าว สามารถแสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{นอร์แมล} = \frac{\text{จำนวนกรัมสมมูลของสาร}}{\text{สารละลายปริมาตร 1 ลบ.ดม.}} \qquad .....(4.3)$$

$$\text{เมื่อ จำนวนกรัมสมมูลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักของสารเป็นกรัม}}{\text{น้ำหนักสมมูลของสาร}} \qquad .....(4.4)$$

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายนอร์แมล มีความคล้ายคลึงกับความเข้มข้นของสารละลายโมลาร์ แตกต่างกันที่การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายโมลาร์จะต้องใช้น้ำหนักโมเลกุลของตัวถูกละลาย แต่การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายนอร์แมลจะใช้น้ำหนักสมมูล (equivalent weight) ของตัวถูกละลาย จากตัวอย่างข้างต้น $Na_2C_2O_4$ จำนวน 1 กรัมสมมูล จะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักสมมูลของ $Na_2C_2O_4$ คือ 67 กรัม (น้ำหนักโมเลกุลของ $Na_2C_2O_4$ เท่ากับ 134 กรัม)

น้ำหนักสมมูลของตัวถูกละลาย พิจารณาจากปฏิกิริยาเคมีที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำสารละลายนั้นไปใช้งาน การหาน้ำหนักสมมูลอาจแบ่งตามลักษณะของสารที่เกิดปฏิกิริยาออกได้เป็น 3 แบบ รายละเอียดมีดังนี้

1.2.1 น้ำหนักสมมูลของกรดและเบสที่เกิดในปฏิกิริยากรด-เบส หาได้จากสมการ (4.5) และ (4.6) ตามลำดับ

$$\text{น้ำหนักสมมูลของกรด} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของกรด}}{\text{จำนวน } H^+ \text{ ในกรดที่เกิดปฏิกิริยา}} \quad .....(4.5)$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของเบส} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของเบส}}{\text{จำนวน } OH^- \text{ ในเบสหรือจำนวน } H^+ \text{ ที่เกิดปฏิกิริยา}} \quad .....(4.6)$$

ตัวอย่างที่ 4.3 จงหาเนื้อของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่มีอยู่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.1 นอร์แมล จำนวน 500 ลบ.ซม.

วิธีทำ H_2SO_4 1 โมล มี H^+ ที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับเบสได้ 2 โมล

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ } H_2SO_4 = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ } H_2SO_4}{2}$$

$$= \frac{98}{2}$$

$$= 49$$

จำนวนกรัมสมมูลของ H_2SO_4 เข้มข้น 0.1 N ในสารละลาย 500 cm^3

$$= \text{ความเข้มข้น (N)} \times \text{ปริมาตร } (dm^3)$$

$$= 0.1 \times \frac{500}{1000}$$

$$= 0.05 \text{ กรัมสมมูล}$$

ดังนั้น ในสารละลายนี้ มีเนื้อของ H_2SO_4 = จำนวนกรัมสมมูล × น้ำหนักสมมูล

$$= 0.05 \times 49$$

$$= 2.45 \text{ g}$$

$$5C_2O_4^{2-} + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightleftharpoons 10CO_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

จากปฏิกิริยา มีอิเล็กตรอนที่เกิดการถ่ายเท จำนวน 5 อิเล็กตรอน

ดังนั้น น้ำหนักสมมูลของ $Na_2C_2O_4$ $= \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ } Na_2C_2O_4}{5}$

$$= \frac{134}{5}$$

$$= 26.8$$

จำนวนกรัมสมมูลของ $Na_2C_2O_4$ เข้มข้น 0.1 N ในสารละลาย 100 cm^3

$$= \text{ความเข้มข้น (N)} \times \text{ปริมาตร } (dm^3)$$

$$= 0.1 \times \frac{100}{1000}$$

$$= 0.01 \text{ กรัมสมมูล}$$

ดังนั้น ในสารละลายนี้ มีเนื้อ $Na_2C_2O_4$ = จำนวนกรัมสมมูล × น้ำหนักสมมูล

$$= 0.01 \times 26.8$$

$$= 0.268 \text{ g}$$

1.3 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ (percentage ; %) หน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ จะนิยมใช้ในงานทั่วไป ความหมายของความเข้มข้นของสารเป็นร้อยละ หมายถึง สารละลาย 100 ส่วน มีตัวถูกละลายอยู่กี่ส่วน เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่เข้มข้น 10% หมายความว่า ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ จำนวน 100 ส่วน มีโซเดียมคลอไรด์ ละลายอยู่ 10 ส่วน โดยที่ "ส่วน" อาจหมายถึง หน่วยน้ำหนักของตัวถูกละลายและหน่วยน้ำหนักของสารละลาย หรือหน่วยน้ำหนักของตัวถูกละลายและหน่วยปริมาตรของสารละลาย การคำนวณหน่วยความเข้มข้นของสารที่เตรียมจากของแข็ง อาจแบ่งออกตามลักษณะของ "ส่วน" ได้ดังนี้

1.3.1 เมื่อ "ส่วน" หมายถึง หน่วยน้ำหนักของตัวถูกละลายและหน่วยน้ำหนักของสารละลาย เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยน้ำหนัก (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย(กรัม)}}{\text{น้ำหนักของสารละลาย(กรัม)}} \times 100 \quad \ldots.(4.9)$$

วิธีเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ทำได้โดยชั่งน้ำหนักตัวถูกละลายเป็นกรัมตามจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการแล้วละลายด้วยน้ำ ที่หนักเท่ากับผลต่างระหว่าง 100 กับน้ำหนักของตัวถูกละลายที่ชั่ง เช่น ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 10% (w/w) จะต้องชั่งโซเดียมคลอไรด์หนัก 10 กรัม นำไปละลายด้วยน้ำ จำนวน 90 กรัม

ตัวอย่างที่ 4.7 จงหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก เมื่อละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 11 กรัม ในน้ำ 100 ลบ.ซม.

วิธีทำ

น้ำหนักของตัวถูกละลาย (NaOH) = 11 g

น้ำหนักของตัวทำละลาย (น้ำ) = 100 g

น้ำหนักของสารละลาย = น้ำหนักของ NaOH + น้ำหนักของน้ำ

= 11 + 100

= 111 g

$$\text{ร้อยละโดยน้ำหนักของ NaOH} = \frac{\text{น้ำหนักของ NaOH}}{\text{น้ำหนักของสารละลาย}} \times 100$$

$$= \frac{11}{111} \times 100$$

$$= 10$$

1.3.2 เมื่อ "ส่วน" หมายถึง หน่วยน้ำหนักของตัวถูกละลายและหน่วยปริมาตรของสารละลาย เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ตัวอย่างที่ 4.4 สารละลายแอมโมเนีย เข้มข้น 0.6 นอร์แมล จำนวน 500 ลบ.ซม. จะมีเนื้อของแอมโมเนีย (NH_3) หนักกี่กรัม

วิธีทำ เมื่อนำ NH_3 มาละลายน้ำ เกิดปฏิกิริยา ดังนี้

$$NH_3(g) + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq)$$

จากปฏิกิริยา จะเห็นว่า NH_3 1 โมล แตกตัวให้ OH^- 1 โมล

ดังนั้น น้ำหนักสมมูลของ NH_3 = น้ำหนักโมเลกุลของ NH_3

= 17

จำนวนกรัมสมมูลของ NH_3 เข้มข้น 0.6 N ในสารละลาย 500 cm^3

= ความเข้มข้น (N) × ปริมาตร (dm^3)

$$= 0.6 \times \frac{500}{1000}$$

= 0.3 กรัมสมมูล

ดังนั้น ในสารละลายนี้ มีเนื้อ NH_3 = จำนวนกรัมสมมูล × น้ำหนักสมมูล

= 0.3 × 17

= 5.1 g

1.2.2 น้ำหนักสมมูลของสารที่เกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนหรือการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน หาได้จากสมการ (4.7)

$$\text{น้ำหนักสมมูลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของสาร}}{\text{จำนวนประจุบวกของไอออนที่เกิดปฏิกิริยา}} \quad .....(4.7)$$

ตัวอย่างที่ 4.5 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เข้มข้น 0.100 นอร์แมล จำนวน 250 ลบ.ซม. เพื่อใช้ไทเทรตกับอีดีทีเอ (EDTA)

วิธีทำ ปฏิกิริยาระหว่าง $CaCO_3$ กับ EDTA (หรือ H_4Y) ที่เกิดขึ้น มีดังนี้

$$Ca^{2+} + Y^{4-} \rightleftharpoons CaY^{2-}$$

จำนวนประจุบวกของแคลเซียมไอออนที่เกิดปฏิกิริยา = 2

น้ำหนักสมมูลของ $CaCO_3$ = $\frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของ } CaCO_3}{2}$

$$= \frac{100}{2}$$

$$= 50$$

จำนวนกรัมสมมูลของ $CaCO_3$ เข้มข้น 0.1 N ในสารละลาย 250 cm^3

= ความเข้มข้น (N) × ปริมาตร (dm^3)

$$= 0.100 \times \frac{250}{1000}$$

= 0.0250 กรัมสมมูล

และต้องใช้ $CaCO_3$ หนัก = จำนวนกรัมสมมูล × น้ำหนักสมมูล

$$= 0.0250 \times 50$$

= 1.025 g

ดังนั้น ในการเตรียมสารละลาย $CaCO_3$ เข้มข้น 0.100 N จำนวน 250 cm^3 จะต้องชั่ง $CaCO_3$ มา 1.025 g ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.5 M จำนวนน้อยที่สุด แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 250 cm^3 ในขวดวัดปริมาตร

1.2.3 น้ำหนักสมมูลของสารที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ หาได้จากสมการ (4.8)

$$\text{น้ำหนักสมมูลของสาร} = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุลของสาร}}{\text{จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดการถ่ายเทในปฏิกิริยา}} \quad \ldots(4.8)$$

ตัวอย่างที่ 4.6 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมออกซาเลต เข้มข้น 0.1 นอร์แมล จำนวน 100 ลบ.ซม. ใช้ไทเทรตกับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) จะต้องใช้โซเดียมออกซาเลตหนักเท่าไร

วิธีทำ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น มีดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยน้ำหนัก/ปริมาตร (w/v)} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100 \quad .....(4.10)$$

การเตรียมสารละลายที่มีหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ (w/v) ทำได้โดยชั่งน้ำหนักตัวถูกละลายเป็นกรัมตามจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ แล้วละลายด้วยตัวทำละลายให้มีปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม. เช่น ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 10% (w/v) จะต้องชั่งโซเดียมคลอไรด์ หนัก 10 กรัม แล้วนำไปละลายด้วยตัวทำละลาย (น้ำ) ให้มีปริมาตรครบ 100 ลบ.ซม.

ตัวอย่างที่ 4.8 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายแอมโมเนียมไนเทรต (NH_4NO_3) เข้มข้น 2% (w/v) จำนวน 200 ลบ.ซม.

วิธีทำ สารละลาย NH_4NO_3 เข้มข้น 2% (w/v) หมายความว่า

ในสารละลาย NH_4NO_3 100 cm^3 มี NH_4NO_3 ละลายอยู่ $= 2$ g

ถ้าสารละลาย NH_4NO_3 200 cm^3 จะต้องใช้ NH_4NO_3 $= 2 \times \frac{200}{100}$ g

$= 4$ g

ดังนั้นในการเตรียมสารละลาย NH_4NO_3 เข้มข้น 2% (w/v) จำนวน 200 cm^3 จะต้องชั่ง NH_4NO_3 มา 4 g แล้วละลายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 200 cm^3

1.4 **การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็นพีพีเอ็ม** (ppm) **และพีพีบี** (ppb) สำหรับสารละลายที่มีปริมาณของตัวถูกละลายอยู่น้อยมาก การบอกความเข้มข้นในหน่วยอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว อาจทำได้ไม่สะดวก หน่วยความเข้มข้นเป็นพีพีเอ็มและพีพีบี จึงใช้บอกความเข้มข้นของสารละลายที่เจือจางมาก ๆ เช่น สารละลายที่ประกอบด้วยสังกะสี 0.0005% (w/v) จะเป็นสารละลายที่มีสังกะสี เข้มข้น 5 พีพีเอ็ม หรือสารละลายที่ประกอบด้วยตะกั่ว 0.0000005% (w/v) จะมีความเข้มข้นของตะกั่ว เท่ากับ 5 พีพีบี เป็นต้น

1.4.1 ppm หรือ parts per million คือ หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่หมายถึง จำนวนส่วนของตัวถูกละลายที่ละลายในล้านส่วนของสารละลาย โดยที่จำนวน "ส่วน" ของตัวถูกละลายจะเป็นน้ำหนักของตัวถูกละลาย และจำนวนล้านส่วนของสารละลาย

อาจเป็นน้ำหนักหรือปริมาตรของสารละลาย ดังนั้นความสัมพันธ์ที่ใช้คำนวณหน่วยความเข้มข้นเป็นพีพีเอ็ม เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$C_{ppm}\,(\text{น้ำหนัก/น้ำหนัก}) = \frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย(กรัม)}}{\text{น้ำหนักของสารละลาย(กรัม)}} \times 10^{6}\ \text{ppm} \qquad .....(4.10)$$

และ

$$C_{ppm}\,(\text{น้ำหนัก/ปริมาตร}) = \frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย(กรัม)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย(ลบ.ซม.)}} \times 10^{6}\ \text{ppm} \qquad .....(4.11)$$

เมื่อ C_{ppm} คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่มีหน่วยเป็น ppm

อย่างไรก็ตาม ถ้าสารละลายนั้นมีน้ำเป็นตัวทำละลาย หน่วยพีพีเอ็มที่ใช้บอกความเข้มข้น อาจหาโดยใช้สมการ (4.10) หรือ (4.11) อย่างใดอย่างหนึ่งได้ เนื่องจากน้ำที่บริสุทธิ์ หนัก 1 กรัม จะมีปริมาตรเท่ากับ 1 ลบ.ซม. (ความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ = 1.00 กรัม/ลบ.ซม.)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าพีพีเอ็มเป็นหน่วยที่ใช้บอกความเข้มข้นของสารละลายที่เจือจางมาก ๆ ดังนั้นในสารละลายอาจมีสารที่ละลายอยู่ในปริมาณเพียงไมโครกรัม (μg) เมื่อแทนค่าด้วยน้ำหนักของสารในหน่วยไมโครกรัม ลงในสมการ (4.11) ทำให้สามารถคำนวณหาหน่วยพีพีเอ็ม ได้ดังนี้

$$C_{ppm} = \frac{\mu g \times 10^{-6}}{cm^3} \times 10^{6}\ \text{ppm} = \frac{\mu g}{cm^3} = \frac{mg}{dm^3} \qquad .....(4.12)$$

สำหรับสารละลายที่เจือจางมากกว่าสารละลายที่มีหน่วยความเข้มข้นเป็นพีพีเอ็ม 1000 เท่า การบอกระดับความเจือจางของสารละลายนี้ จะใช้หน่วยความเข้มข้นเป็นพีพีบี

1.4.2 ppb หรือ parts per billion คือหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่หมายถึง จำนวนส่วนของตัวถูกละลายที่ละลายในพันล้านส่วนของสารละลาย ดังนั้นอาจเขียนสูตรแสดงความสัมพันธ์ที่ใช้คำนวณหน่วยความเข้มข้นเป็นพีพีบี ได้ดังนี้

$$C_{ppb}\,(\text{น้ำหนัก/น้ำหนัก}) = \frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย(กรัม)}}{\text{น้ำหนักของสารละลาย(กรัม)}} \times 10^{9}\ \text{ppb} \qquad .....(4.13)$$

และ

$$C_{ppb}\ (\text{น้ำหนัก/ปริมาตร}) = \frac{\text{น้ำหนักของตัวถูกละลาย(กรัม)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย(ลบ.ซม.)}} \times 10^{9}\ \text{ppb} \quad .....(4.14)$$

ถ้าสารละลายนั้นมีน้ำเป็นตัวทำละลาย การคำนวณหน่วยพีพีบีอาจใช้สมการ (4.13) หรือ (4.14) ได้

เนื่องจากพีพีบีเป็นหน่วยความเข้มข้นที่บอกระดับความเจือจางอย่างมากของสารละลาย ดังนั้นในสารละลายจึงมีปริมาณสารที่หนักเพียงระดับนาโนกรัม (ng) เมื่อแทนค่าด้วยน้ำหนักของสารในหน่วยนาโนกรัม ลงในสมการ (4.14) ทำให้สามารถคำนวณหาหน่วยพีพีบี ได้ดังนี้

$$C_{ppb} = \frac{ng \times 10^{-9}}{cm^3} \times 10^{9}\ ppb = \frac{ng}{cm^3} = \frac{\mu g}{dm^3} \quad .....(4.15)$$

ตัวอย่างที่ 4.9 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) ให้มีความเข้มข้นของสแตนนัสไอออน (Sn^{2+}) เท่ากับ 50 พีพีเอ็ม จำนวน 100 ลบ.ซม. ต้องใช้สแตนนัสคลอไรด์หนักเท่าไร

วิธีทำ สารละลายที่มี Sn^{2+} เข้มข้น 50 ppm (หรือ 50 mg/dm^3) หมายความว่าในสารละลาย 1000 cm^3 จะมี Sn^{2+} ละลายอยู่ 50 mg หรือ 0.05 g

น้ำหนักโมเลกุลของ $SnCl_2$ = 189.7 g/mol

นั่นคือ $SnCl_2$ 189.7 g ประกอบด้วย Sn^{2+} 118.7 g และ Cl^- 71 g

แสดงว่า ถ้าต้องการ Sn^{2+} จำนวน 118.7 g ต้องใช้ $SnCl_2$ = 189.7 g

และเมื่อต้องการ Sn^{2+} จำนวน 0.05 g ต้องใช้ $SnCl_2$ $= 189.7 \times \frac{0.05}{118.7}$ g

$= 0.0799$ g

นั่นคือ ในสารละลาย 1000 cm^3 ต้องใช้ $SnCl_2$ จำนวน $= 0.0799$ g

แต่ต้องการสารละลายเพียง 100 cm^3 ดังนั้นต้องใช้ $SnCl_2 = 0.0799 \times \frac{100}{1000}$ g

$= 0.00799$ g

หรือ $= 7.99$ mg

ตัวอย่างที่ 4.10 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) โดยชั่งน้ำหนักโพแทสเซียมซัลเฟต จำนวน 0.1114 มิลลิกรัม ละลายในน้ำ 500 ลบ.ซม. สารละลายนี้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไอออน (K^+) กี่พีพีบี

วิธีทำ น้ำหนักโมเลกุลของ K_2SO_4 = 174.26 g/mol

K_2SO_4 จำนวน 174.26 g ประกอบด้วย K^+ = 39.1×2 g

แต่ K_2SO_4 จำนวน 0.1114×10^{-3} g จะมี K^+ = $39.1 \times 2 \times \frac{0.1114 \times 10^{-3}}{174.26}$ g

= 0.04999×10^{-3} g

= 49.99 µg

นั่นคือเมื่อละลาย K_2SO_4 0.1114 mg ในน้ำ 0.5 dm^3 จะมี K^+ = 49.99 µg

แต่ต้องการสารละลาย K_2SO_4 นี้ จำนวน 1 dm^3 จะมี K^+ = $49.99 \times \frac{1}{0.5}$

= 99.98 µg

ดังนั้นสารละลายนี้มีความเข้มข้นของ K^+ = 99.98 µg /dm^3 หรือ 99.98 ppb

2. การเตรียมสารละลายจากรีเอเจนต์ที่เป็นของเหลว

การเตรียมสารละลายจากรีเอเจนต์ที่เป็นของเหลว จำเป็นต้องคำนวณหาปริมาตรของรีเอเจนต์ที่ต้องการใช้ ก่อนที่จะนำมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย เพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ โดยปกติสารเคมีที่สั่งซื้อจากบริษัทต่าง ๆ ต้องมีฉลากบอกคุณสมบัติของสารติดไว้ข้างขวดเสมอ คุณสมบัติของสารเคมีที่จำเป็นต้องทราบเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาตร ได้แก่ น้ำหนักโมลกุล ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะ และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร ตัวอย่างของคุณสมบัติของกรดบางชนิดและสารละลายแอมโมเนีย แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 *คุณสมบัติของกรดบางชนิดและสารละลายแอมโมเนีย*

คุณสมบัติของสารเคมี	HCl	HNO_3	H_2SO_4	CH_3COOH	$HClO_4$	H_3PO_4	NH_3
น้ำหนักโมเลกุล (MW)	36.46	63.01	98.08	60.06	100.46	98	17
ความหนาแน่น (g/cm^3)	1.19	1.42	1.84	1.05	1.67	1.69	0.9
เปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร หรือเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ (% ; w/w)	37.0	69.5	96.09	99.6	70.0	85.0	27

2.1 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็นโมลาร์ สามารถคำนวณหาปริมาตรของรีเอเจนต์ได้จากสูตรที่แสดงด้วยสมการ (4.16)

$$V = \frac{100 \times MW \times M}{P \times d} \quad .....(4.16)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของรีเอเจนต์ (ลบ.ซม.) ที่ต้องการใช้ในการเตรียมสารละลาย 1 ลบ.ดม.

MW คือ น้ำหนักโมเลกุลของสาร

M คือ ความเข้มข้นของสารที่มีหน่วยเป็นโมลาร์

P คือ เปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร

d คือ ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของสาร

ตัวอย่างที่ 4.11 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.3 โมลาร์ จำนวน 250 ลบ.ซม. โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก ที่เข้มข้นจากขวดรีเอเจนต์ รายละเอียดของคุณสมบัติสารละลายกรดซัลฟิวริกบนฉลากข้างขวด มีดังนี้ : น้ำหนักโมเลกุล = 98.08, ความหนาแน่น = 1.84 กรัม/ลบ.ซม. และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร = 96.09% (w/w)

วิธีทำ เมื่อแทนค่าด้วยข้อมูลต่าง ๆ จากโจทย์ ลงในสมการ (4.16) จะได้

$$V = \frac{100 \times 98.08 \times 0.3}{96.09 \times 1.84}$$

$$= 16.64 \quad cm^3/dm^3$$

แต่ต้องการเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก เพียง 250 cm^3

ดังนั้น ต้องใช้กรดซัลฟิวริก ที่เข้มข้น $= 16.64 \times \frac{250}{1000}$ cm^3

$= 4.16$ cm^3

นั่นคือ ต้องใช้กรดซัลฟิวริก ที่เข้มข้นจากขวดรีเอเจนต์ จำนวน 4.16 cm^3 ถ่ายลงในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 250 cm^3จะได้สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.3 M

ตัวอย่างที่ 4.12 จงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น ที่มีรายละเอียดของคุณสมบัติบนฉลากข้างขวดรีเอเจนต์ ดังนี้ : น้ำหนักโมเลกุล = 36.46, ความหนาแน่น = 1.19 กรัม/ลบ.ซม. และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร = 37% (w/w)

วิธีทำ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก จากขวดรีเอเจนต์มีหน่วยเป็นโมลาร์ ดังนั้นในการคำนวณหาความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก จะต้องใช้ปริมาตรเท่ากับ 1000 ลบ.ซม. เพื่อแทนค่าลงในสมการ (4.16)

จาก $V = \frac{100 \times MW \times M}{P \times d}$

$$1000 = \frac{100 \times 36.46 \times M}{37 \times 1.19}$$

$$M = \frac{1000 \times 37 \times 1.19}{100 \times 36.46}$$

$$= 12.08$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของ HCl จากขวดรีเอเจนต์ = 12.08 M

2.2 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็นนอร์แมล

การคำนวณจะคล้ายคลึงกับหน่วยโมลาร์ สามารถคำนวณหาปริมาตรของรีเอเจนต์ได้จากสูตรที่แสดงในสมการ (4.17)

$$V = \frac{100 \times MW \times N}{a \times P \times d} \qquad \text{.....(4.17)}$$

เมื่อ N คือ ความเข้มข้นของสารที่มีหน่วยเป็นนอร์แมล

a คือ จำนวน H^+ ที่เกิดสามารถปฏิกิริยาได้ ในปฏิกิริยากรด-เบส หรือจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดการถ่ายเทในปฏิกิริยารีดอกซ์

ตัวอย่างที่ 4.13 ในการเตรียมสารละลายกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) เข้มข้น 2 นอร์แมล จำนวน 250 ลบ.ซม. จะต้องใช้กรดฟอสฟอริก ที่เข้มข้นจากขวดรีเอเจนต์จำนวนเท่าไร รายละเอียดของคุณสมบัติกรดฟอสฟอริกบนฉลากข้างขวดรีเอเจนต์ มีดังนี้ : น้ำหนักโมเลกุล = 98, ความหนาแน่น = 1.69 กรัม/ลบ.ซม. และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร = 85% (w/w)

วิธีทำ กรด H_3PO_4 มี H^+ ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ จำนวน 3 โปรตอน

และเมื่อแทนค่าด้วยข้อมูลต่าง ๆ จากโจทย์ ลงในสมการ (4.17) จะได้

$$V = \frac{100 \times 98 \times 2}{3 \times 85 \times 1.69}$$

$$= 45.48 \ cm^3/dm^3$$

แต่ต้องการเตรียมสารละลายกรดฟอสฟอริก เพียง 250 cm^3

ดังนั้นต้องใช้ H_3PO_4 ที่เข้มข้นจากขวดรีเอเจนต์ $= 45.48 \times \frac{250}{1000} \ cm^3$

$$= 11.37 \ cm^3$$

2.3 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็นร้อยละ

(percentage ; %) ความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และมี

ตัวถูกละลายเป็นของเหลว หมายถึงสารละลาย 100 ส่วนปริมาตร มีตัวถูกละลายอยู่กี่ส่วน โดยที่ "ส่วน" ของตัวถูกละลายอาจหมายถึง หน่วยปริมาตร หรือหน่วยน้ำหนัก

การคำนวณหน่วยความเข้มข้นของสารที่เตรียมจากรีเอเจนต์ของเหลว อาจแบ่งออกตามลักษณะของ "ส่วน" ของตัวถูกละลาย ได้ดังนี้

2.3.1 เมื่อ "ส่วน" ของตัวถูกละลาย หมายถึง หน่วยปริมาตร เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร (v/v)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวถูกละลาย(ลบ.ซม.)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย(ลบ.ซม.)}} \times 100 \quad ....(4.18)$$

วิธีเตรียมสารละลายจากรีเอเจนต์ที่เป็นของเหลวให้มีหน่วยเป็นร้อยละโดยปริมาตร ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ทำได้ง่ายโดยใช้รีเอเจนต์ของเหลวให้มีปริมาตรเท่ากับจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ นำไปละลายน้ำเพื่อเตรียมเป็นสารละลาย จำนวน 100 ลบ.ซม.

ตัวอย่างที่ 4.14 ต้องการเตรียมสารละลายกรดอะซิติก (CH_3COOH) ความเข้มข้น 5% (v/v) จำนวน 500 ลบ.ซม. จะต้องใช้กรดอะซิติกที่เข้มข้น จำนวนเท่าไร

วิธีทำ เมื่อแทนค่าต่าง ๆ จากโจทย์ ลงในสมการ (4.18) จะได้

$$5\%\ (v/v) = \frac{\text{ปริมาตรของ } CH_3COOH}{500} \times 100$$

$$\text{ปริมาตรของ } CH_3COOH = \frac{5 \times 500}{100}$$

$$= 25 \ cm^3$$

ดังนั้น ในการเตรียมสารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 5% (v/v) จำนวน 500 cm^3 จะต้องใช้สารละลายกรดอะซิติกที่เข้มข้น จำนวน 25 cm^3

2.3.2 เมื่อ "ส่วน" หมายถึง หน่วยน้ำหนักของตัวถูกละลาย ความสัมพันธ์เขียนได้เช่นเดียวกับสมการที่ (4.10) ตัวอย่างเช่น สารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 5% (w/v)

หมายความว่า สารละลายกรดอะซิติกจำนวน 100 ลบ.ซม. มีกรดอะซิติกละลายอยู่ 5 กรัม การเตรียมสารละลาย สามารถทำได้ดังตัวอย่างที่ 4.15

ตัวอย่างที่ 4.15 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 5% (w/v) จำนวน 250 ลบ.ซม. จะต้องใช้กรดอะซิติก จำนวนเท่าไร รายละเอียดของคุณสมบัติกรดอะซิติกบนฉลากข้างขวดรีเอเจนต์ มีดังนี้ : ความหนาแน่น = 1.05 กรัม/ลบ.ซม. และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร = 99.6% (w/w)

วิธีทำ สารละลายกรด CH_3COOH เข้มข้น 5% (w/v) หมายความว่า

ในสารละลาย 100 cm^3 มีเนื้อกรด CH_3COOH หนัก = 5 g

ถ้าสารละลาย 250 cm^3 จะมีเนื้อกรด CH_3COOH หนัก $= 5 \times \frac{250}{100}$ g

$= 12.5$ g

จากรายละเอียดบนฉลาก สารละลายมีเนื้อของ CH_3COOH = 99.6% (w/w) หมายความว่า

กรด CH_3COOH หนัก 99.6 g อยู่ในสารละลายเข้มข้น = 100 g

ถ้ากรด CH_3COOH หนัก 12.5 g จะอยู่ในสารละลายเข้มข้น $= 100 \times \frac{1.25}{99.6}$ g

$= 12.55$ g

และสารละลายกรด CH_3COOH มีความหนาแน่น = 1.05 g/cm^3 หมายความว่า

กรด CH_3COOH หนัก 1.05 g มีปริมาตร = 1 cm^3

ถ้ากรด CH_3COOH หนัก 12.55 g จะมีปริมาตร $= 1 \times \frac{12.55}{1.05}$ cm^3

$= 11.95$ cm^3

นั่นคือ ต้องใช้กรด CH_3COOH ที่เข้มข้นจากขวดรีเอเจนต์ จำนวน 11.95 cm^3 ถ่ายลงในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 250 cm^3 จะได้สารละลายกรด CH_3COOH 5% (w/v)

2.4 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็นพีพีเอ็มและพีพีบี

ในการเตรียมสารละลายจากรีเอเจนต์ที่เป็นของเหลว ให้มีหน่วยเป็นพีพีเอ็มและพีพีบี

จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของสารจากฉลากที่ติดไว้ข้างขวด เพื่อนำมาใช้คำนวณหาปริมาณในการเตรียมเป็นสารละลาย วิธีการคำนวณดังตัวอย่างที่ 4.16 และ 4.17

ตัวอย่างที่ 4.16 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) เข้มข้น 100 พีพีเอ็ม จำนวน 500 ลบ.ซม. จากกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น รายละเอียดของคุณสมบัติกรดเปอร์คลอริกบนฉลากข้างขวดรีเอเจนต์ มีดังนี้ : ความหนาแน่น = 1.67 กรัม/ลบ.ซม. และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร = 70% (w/w)

วิธีทำ สารละลายกรด $HClO_4$ เข้มข้น 100 ppm แสดงว่า

ในสารละลาย 1000 cm^3 มีเนื้อกรด $HClO_4$ หนัก = 100 mg

ถ้าสารละลาย 500 cm^3 จะมีเนื้อกรด $HClO_4$ หนัก $= 100 \times \frac{500}{1000}$ mg

$= 50$ mg

จากรายละเอียดบนฉลาก สารละลายมีเนื้อของ $HClO_4$ = 70% (w/w) หมายความว่า

กรด $HClO_4$ หนัก 70 mg อยู่ในสารละลายเข้มข้น = 100 mg

ถ้ากรด $HClO_4$ หนัก 50 mg จะอยู่ในสารละลายเข้มข้น $= 100 \times \frac{50}{70}$ mg

$= 71.43$ mg

และ สารละลายกรด $HClO_4$ มีความหนาแน่น = 1.67 g/cm^3 หมายความว่า

กรด $HClO_4$ หนัก 1.67 g มีปริมาตร = 1 cm^3

ถ้ากรด $HClO_4$ หนัก 71.43×10^{-3} g จะมีปริมาตร $= 1 \times \frac{71.43 \times 10^{-3}}{1.67}$ cm^3

$= 43 \times 10^{-3}$ cm^3

นั่นคือ ต้องใช้กรด $HClO_4$ ที่เข้มข้นจากขวดรีเอเจนต์ จำนวน 43×10^{-3} cm^3 (หรือ 43 µL) ถ่ายลงในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 500 cm^3 จะได้สารละลายกรด $HClO_4$ เข้มข้น 100 ppm

ตัวอย่างที่ 4.17 จงเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก จำนวน 2 ลบ.ดม. จากกรดซัลฟิวริกที่เข้มข้น โดยต้องการให้มีความเข้มข้นของซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) เท่ากับ 500 พีพีบี รายละเอียดของคุณสมบัติกรดซัลฟิวริก บนฉลากข้างขวดรีเอเจนต์ มีดังนี้ : น้ำหนักโมเลกุล = 98.08, ความหนาแน่น = 1.84 กรัม/ลบ.ซม. และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อสาร = 96.09% (w/w)

วิธีทำ สารละลายกรด H_2SO_4 ที่มี SO_4^{2-} เข้มข้น 500 ppb หมายความว่า

ในสารละลาย 1 dm^3 มี SO_4^{2-} หนัก = 500 µg

ถ้าสารละลาย 2 dm^3 จะมี SO_4^{2-} หนัก $= 500 \times \frac{2}{1}$ µg

$= 1000$ µg

$= 1$ mg

จากน้ำหนักโมเลกุล H_2SO_4 เท่ากับ 98.08 แสดงว่า

SO_4^{2-} หนัก 96 mg มาจากกรด H_2SO_4 หนัก $= 98.08$ mg

ถ้า SO_4^{2-} หนัก 1 mg จะต้องมาจากกรด H_2SO_4 หนัก $= 98.08 \times \frac{1}{96}$ mg

$= 1.02$ mg

จากรายละเอียดบนฉลาก สารละลายมีเนื้อกรด 96.09% (w/w) หมายความว่า

กรด H_2SO_4 หนัก 96.09 mg อยู่ในสารละลายเข้มข้น $= 100$ mg

ถ้ากรด H_2SO_4 หนัก 1.02 mg จะอยู่ในสารละลายเข้มข้น $= 100 \times \frac{1.02}{96.09}$ mg

$= 1.06$ mg

และสารละลายกรด H_2SO_4 มีความหนาแน่น = 1.84 g/cm^3 หมายความว่า

กรด H_2SO_4 หนัก 1.84 g มีปริมาตร $= 1$ cm^3

ถ้ากรด H_2SO_4 หนัก 1.06×10^{-3} g จะมีปริมาตร $= 1 \times \frac{1.06 \times 10^{-3}}{1.84}$ cm^3

$= 0.58 \times 10^{-3}$ cm^3

ดังนั้น จะต้องปิเปตกรด H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 0.58×10^{-3} cm^3 (หรือ 0.58 µL) ถ่ายลงในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตรครบ 2 dm^3 จะได้สารละลายกรดที่มี SO_4^{2-} เข้มข้น 500 ppb

3. การเจือจางสารละลาย

การเจือจางสารละลายเป็นการทำให้สารละลายมีความเข้มข้นน้อยลง วิธีการทำได้โดยแบ่งสารละลายที่ต้องการเจือจางซึ่งเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่า ให้มีจำนวนเท่ากับที่ได้คำนวณไว้ ถ่ายสารละลายที่แบ่งลงในภาชนะที่มีตัวทำละลายไว้บางส่วน แล้วจึงปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลายให้ได้จำนวนตามที่ต้องการ วิธีคำนวณหาปริมาณของสารละลายที่เข้มข้นกว่า เพื่อนำมาใช้เจือจาง สามารถทำได้ดังตัวอย่างที่ 4.18

ตัวอย่างที่ 4.18 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.01 โมลาร์ จำนวน 500 ลบ.ซม. จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เข้มข้น 2 โมลาร์ จะต้องใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ จำนวนเท่าไร

วิธีทำ สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.01 M จำนวน 500 cm^3 แสดงว่า

สารละลายนี้มีเนื้อ ของ NaOH = ความเข้มข้น (M) × ปริมาตร (dm^3)

$$= 0.01 \times \frac{500}{1000}$$

$$= 0.005 \text{ โมล}$$

จากสารละลาย NaOH เข้มข้น 2 M แสดงว่า

NaOH จำนวน 2 โมล จะต้องใช้สารละลาย 2 M NaOH = 1000 cm^3

แต่ต้องการ NaOH 0.005 โมล จะต้องใช้ 2 M NaOH $= 1000 \times \frac{0.005}{2}$ cm^3

$= 2.5$ cm^3

นั่นคือ จะต้องใช้สารละลาย NaOH เข้มข้น 2 M จำนวน 2.5 cm^3 มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 500 cm^3 จะได้สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.01 M

จากตัวอย่างข้างต้น จะสังเกตได้ว่าเนื้อสารของสารละลายที่ต้องการเจือจาง (จำนวนโมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เข้มข้น 0.01 โมลาร์ จำนวน 500 ลบ.ซม. มีค่าเท่ากับ 0.005 โมล) เท่ากับเนื้อสารของสารละลายที่ใช้เจือจาง (จำนวนโมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เข้มข้น 2 โมลาร์ จำนวน 2.5 ลบ.ซม. มีค่าเท่ากับ 0.005 โมล) ดังนั้นจึงเขียนความสัมพันธ์

ของจำนวนโมลของสารละลายที่ใช้เจือจาง และจำนวนโมลของสารละลายที่ต้องการเตรียม เพื่อคำนวณหาปริมาณ ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2 \qquad .....(4.19)$$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่จะใช้เจือจาง

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการเตรียม

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายที่จะใช้เจือจาง

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการเตรียม

การใช้สูตรจากสมการ (4.19) มีข้อกำหนดดังนี้

1. หน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้เจือจางและสารละลายที่ต้องการจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

2. หน่วยปริมาตรของสารละลายที่ใช้เจือจางและสารละลายที่ต้องการ จะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

ตัวอย่างในการคำนวณหาปริมาณ เมื่อต้องการเจือจางสารละลาย มีดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4.19 ในการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เข้มข้น 2% จำนวน 250 ลบ.ซม. จะต้องใช้สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ที่เข้มข้น 10% จำนวนเท่าไร

วิธีทำ เมื่อใช้สูตรในสมการ (4.19) จะได้ปริมาตรของ $KMnO_4$ ที่เข้มข้น 10% ที่ใช้ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$10 \times V_1 = 2 \times 250$$

$$V_1 = \frac{2 \times 250}{10}$$

$$V_1 = 50 \ cm^3$$

นั่นคือ จะต้องใช้สารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 10% จำนวน 50 cm^3 มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 250 cm^3 จะได้สารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 2%

ตัวอย่างที่ 4.20 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ($AgNO_3$) จำนวน 100 ลบ.ซม. โดยการเจือจางจากสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต เข้มข้น 50 พีพีเอ็ม จำนวน 10 ลบ.ซม. จงหาว่าสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ที่เจือจางนั้น มีความเข้มข้นเท่าไร

วิธีทำ เมื่อใช้สูตรในสมการ (4.19) สามารถหาความเข้มข้นของสารละลาย $AgNO_3$ ที่เจือจาง ได้ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$50 \times 10 = C_2 \times 100$$

$$C_2 = \frac{50 \times 10}{100}$$

$$C_2 = 5 \text{ ppm}$$

ดังนั้น สารละลาย $AgNO_3$ จำนวน 100 cm^3 ที่เตรียมโดยการเจือจางจากสารละลาย $AgNO_3$ เข้มข้น 50 ppm จำนวน 10 cm^3 มีความเข้มข้นเท่ากับ 5 ppm

ตัวอย่างที่ 4.21 จงคำนวณหาความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก จากขวดรีเอเจนต์ โดยที่ฉลากข้างขวดแสดงรายละเอียดของคุณสมบัติกรดซัลฟิวริกไว้ ดังนี้ : น้ำหนักโมเลกุลของกรดซัลฟิวริก = 98.08 ความหนาแน่น = 1.84 กรัม/ลบ.ซม. และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อกรด = 96.09% (w/w) และถ้าต้องการเตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 2 นอร์แมล จำนวน 500 ลบ.ซม. ต้องใช้กรดซัลฟิวริกที่เข้มข้นจำนวนเท่าไร

วิธีทำ ถ้ากำหนดให้ความเข้มข้นของกรด H_2SO_4 จากขวดรีเอเจนต์มีหน่วยเป็นนอร์แมล ในการคำนวณหาความเข้มข้นของกรด H_2SO_4 จึงต้องใช้ปริมาตรเท่ากับ 1000 cm^3 และ H_2SO_4 มี H^+ ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้จำนวน 2 ตัว ดังนั้นจึงแทนค่า V = 1000 cm^3 และ a = 2 ลงในสมการ (4.17) ดังนี้

จาก $$V = \frac{100 \times MW \times N}{a \times P \times d}$$

$$1000 = \frac{100 \times 98.08 \times N}{2 \times 96.09 \times 1.84}$$

$$N = \frac{1000 \times 2 \times 96.09 \times 1.84}{100 \times 98.08}$$

$$= 36.05$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก จากขวดรีเอเจนต์ เท่ากับ 36.05 N

เมื่อต้องการเตรียมสารละลายกรด เข้มข้น 2 N จำนวน 500 cm^3 โดยการเจือจางจากกรดซัลฟิวริกที่เข้มข้น 36.05 N ดังนั้นจึงใช้สูตรในการเจือจาง จากสมการ (4.19)

จาก $$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$36.05 \times V_1 = 2 \times 500$$

$$V_1 = \frac{2 \times 500}{36.05}$$

$$V_1 = 27.74$$

นั่นคือ จะต้องใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก ที่เข้มข้น 36.05 N จำนวน 27.74 cm^3 มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 500 cm^3 จะได้สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 2 N

จากตัวอย่างที่ 4.18 ถึง 4.21 เป็นการเจือจางสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงให้มีความเข้มข้นต่ำในหน่วยความเข้มข้นเดียวกัน ยังมีการเจือจางสารละลายอีกประเภทหนึ่งที่ไม่คำนึงถึงความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องใช้เจือจาง เรียกการเจือจางประเภทนี้ว่า อัตราส่วนเจือจาง (dilution ratio) ซึ่งมักใช้ในการเจือจางของเหลวประเภทกรดหรือเบสที่เข้มข้นในน้ำ การรายงานความเข้มข้นของสารละลาย จะแสดงเป็นตัวเลข 2 ตัว ที่อยู่ในวงเล็บและมีเครื่องหมายทวิภาค (:) คั่นกลางตัวเลขทั้ง 2 โดยที่ตัวเลขตัวแรกจะแสดงถึงปริมาตรของกรดหรือเบสเข้มข้นที่ใช้เจือจาง และตัวเลขตัวหลังจะแสดงถึงปริมาตรของน้ำที่นำมาเจือจาง ในการเจือจางประเภทนี้ กรดหรือเบสเข้มข้นที่ใช้เจือจาง และน้ำจะต้องมีหน่วยปริมาตร

เดียวกัน ดังนั้นปริมาตรรวมของสารละลายจะเท่ากับปริมาตรของกรดหรือเบสเข้มข้นที่ใช้เจือจางรวมกับปริมาตรของน้ำที่นำมาเจือจาง เช่น สารละลายแอมโมเนีย ที่เข้มข้น (2 : 3) หมายถึงในสารละลายแอมโมเนีย 5 ส่วน จะมีแอมโมเนียที่เข้มข้น 2 ส่วน และมีน้ำ 3 ส่วน การเตรียมทำได้โดยนำสารละลายแอมโมเนียที่เข้มข้นมา 2 ส่วนปริมาตร ละลายในน้ำอีก 3 ส่วนปริมาตรในหน่วยเดียวกัน จะได้สารละลายแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นเป็น (2 : 3) จำนวน 5 ส่วนปริมาตร

สารละลายที่เตรียมโดยการใช้อัตราส่วนเจือจาง อาจแสดงความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยเปอร์เซ็นต์ (%) ได้ เช่น สารละลายแอมโมเนีย เข้มข้น (2 : 3) จะเข้มข้นเท่ากับ 40% วิธีการคำนวณมีดังนี้

สารละลายแอมโมเนีย จำนวน 5 ส่วนปริมาตร คิดเป็น 100%

ถ้าในสารละลายมีแอมโมเนียเพียง 2 ส่วนปริมาตร จะคิดเป็น $100 \times \frac{2}{5} = 40\%$

ตัวอย่างที่ 4.22 ต้องการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น (2 : 5) จำนวน 350 ลบ.ซม. จะต้องใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น และน้ำจำนวนเท่าไร

วิธีทำ สารละลายกรด HCl จำนวน 7 ส่วน มีปริมาตร $= 350 \quad cm^3$

ถ้าสารละลายมีกรด HCl จำนวน 2 ส่วน จะมีปริมาตร $= 350 \times \frac{2}{7} \quad cm^3$

$= 100 \quad cm^3$

นั่นคือจะต้องใช้กรด HCl เข้มข้น จำนวน $100\ cm^3$

และจะต้องใช้น้ำในการเจือจาง $= 350 - 100$

$= 250 \quad cm^3$

ดังนั้นในการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น (2 : 5) จำนวน $350\ cm^3$ จะต้องใช้กรดไฮโดรคลอริกที่เข้มข้นจำนวน $100\ cm^3$ และน้ำจำนวน $250\ cm^3$

ตัวอย่างที่ 4.23 จงหาอัตราส่วนเจือจางในการเตรียมสารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 10% (v/v) จำนวน 50 ลบ.ซม. จากสารละลายกรดอะซิติกที่เข้มข้น

วิธีทำ สารละลายกรด CH_3COOH เข้มข้น 10% (v/v) หมายความว่า

สารละลาย 100 cm^3 มีกรด CH_3COOH เข้มข้น $= 10 \ cm^3$

ถ้าสารละลาย 50 cm^3 จะมีกรด CH_3COOH เข้มข้น $= 10 \times \frac{50}{100} \ cm^3$

$= 5 \ cm^3$

จากสารละลาย จำนวน 50 cm^3 ต้องใช้กรด CH_3COOH ที่เข้มข้น จำนวน 5 cm^3

และจะต้องใช้น้ำในการเจือจาง $= 50 - 5$

$= 45 \ cm^3$

ดังนั้น อัตราส่วนของปริมาตรกรด CH_3COOH ที่เข้มข้น : ปริมาตรน้ำ = 5 : 45

นั่นคือ อัตราส่วนเจือจางของการเตรียมสารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 10% จำนวน 50 cm^3 คือ 1 : 9

บทสรุป

ในการเตรียมสารละลายเพื่อใช้ในงานปริมาณวิเคราะห์ ผู้ทดลองจะต้องทราบว่ารีเอเจนต์ที่นำมาใช้ มีความบริสุทธิ์และน่าเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด และจะต้องรู้จักเลือกระดับความบริสุทธิ์ของสารเคมีมาใช้ให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ ด้วย สารละลายที่เตรียมได้อาจเขียนความเข้มข้นในหน่วยต่าง ๆ ไว้ข้างขวด เช่น โมลาร์ นอร์แมล และฟอร์แมล หรือหน่วยน้ำหนัก เช่น เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร สำหรับสารละลายที่เจือจางอาจเขียนความเข้มข้นในหน่วยพีพีเอ็ม หรือพีพีบี เป็นต้น