

# บทที่ 3

## สารเคมีและการเตรียมสารละลายเคมี

### Chemicals and Preparation of Chemical Solutions

#### 1. ประเภทของสารเคมี

สารเคมี หมายถึงสารประกอบอินทรีย์ หรือสารประกอบอนินทรีย์ที่ทราบน้ำหนักสูตร โมเลกุลที่แน่นอนและมีความบริสุทธิ์เพียงพอที่ใช้กับงานวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

##### 1.1 สารเคมีที่ใช้สำหรับการทดลองทั่วไป

สารเคมีสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป แบ่งคุณภาพได้ตามความบริสุทธิ์ของสารเคมี คือ

ก. สารเคมีเกรดทางการค้า (Technical หรือ Commercial grade) เป็นสารเคมีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ปกติจะไม่บอกรายละเอียดของสิ่งเจือปน หรือเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารไว้ จัดเป็นสารเคมีเกรดต่ำสามารถใช้ได้ดีกับงานทดลองบางอย่างเช่น งานทดลองที่ต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยไม่สนใจปริมาณที่วิเคราะห์ สารเคมีชนิดนี้มีราคาถูก และสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้โดยใช้วิธีที่เหมาะสม เช่น การระเหย การตกผลึก เป็นต้น

ข. สารเคมีเกรดปฏิบัติการ (Laboratory Reagent หรือ Lab Grade) เป็นสารเคมีที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่า 95% มีสิ่งเจือปนมากกว่าเกรดงานวิเคราะห์ ราคาแพงกว่าเกรดทางการค้า ถ้าสิ่งเจือปนอยู่ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์สามารถใช้สารเคมีชนิดนี้แทนเกรดงานวิเคราะห์ได้ สารเคมีชนิดนี้ยังแบ่งได้อีกหลายระดับตามคุณภาพของบริษัทผู้ผลิตเช่น USP grade เป็นสารเคมีที่ผลิตให้ได้มาตรฐานตาม United State Pharmacopia และ CP grade เป็นสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูง

กว่าเกรดทางการค้า แต่ไม่ได้กำหนดปริมาณของมลทินไว้แน่นอน เป็นสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ  
ต่างๆ ไปได้โดยไม่สามารถใช้กับงานวิเคราะห์หาปริมาณสาร นอกจากนี้สารเคมีที่มีคุณภาพสูงกว่า  
หรือได้ตามมาตรฐานที่ต้องการทางอาหาร หรือมาตรฐานอื่นที่กำหนดเช่น National Formulary (N.F.)  
ของสหรัฐอเมริกา ก็จัดอยู่ในพวกเกรดปฏิบัติการเช่นกัน

ค. สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical Reagent ; AR grade หรือ Reagent grade)  
มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่าเกรดปฏิบัติการ โดยทั่วไปมีความบริสุทธิ์สูงกว่า 99% มีมลทินน้อยมาก  
และมีการกำหนดปริมาณของมลทินไว้ด้วย เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์กับมลทินจะต้องอยู่ในมาตรฐาน  
ที่กำหนดให้ไว้สำหรับสารเคมีเกรดนี้ สารเคมีเกรดนี้จัดเป็นเกรดสูงมีราคาแพงไม่เหมาะที่จะใช้ใน  
งานการทดลองทั่วไป จะใช้ในงานวิเคราะห์หาปริมาณที่สิ่งเจือปนมีผลต่อการทดลอง และการวิเคราะห์  
ที่ต้องการผลถูกต้องสูง โดยปกติสารเคมีประเภทนี้จะใช้เตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานได้ดี

## 1.2 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย หรือการทดลองเฉพาะอย่าง

สารเคมีประเภทนี้มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงมาก และมีราคาแพงมากใช้สำหรับ  
งานวิจัย หรือการทดลองเฉพาะอย่างตามวัตถุประสงค์ที่ผลิตสารนั้นขึ้นมา โดยจะมีเกรดระบุไว้ที่ฉลาก  
สารเคมี ตัวอย่างเช่น

- Spectrophotometric grade เป็นสารเคมีที่มีคุณภาพเหมาะกับการใช้งานทางด้าน  
สเปกโทรโฟโตเมทรีเช่น Atomic Absorption Spectrophotometry, NMR-Spectroscopy, UV-Visible  
และ IR - Spectroscopy

- Research grade สำหรับงานวิจัยต่างๆ ไปได้

- Scintillation grade สำหรับงานทางด้านกัมมันตภาพรังสี

- Pesticide grade สำหรับงานวิจัยทางด้านยาฆ่าแมลง และยาปราบวัชพืช

- Chromatographic grade เป็นสารเคมีสำหรับ Gas Chromatography และ Liquid

Chromatography

## 2. การตรวจสอบสารเคมีก่อนนำมาใช้

สารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ เป็นสารเคมีที่มาจากบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัท สารบางชนิดบรรจุในภาชนะที่เป็นขวดพลาสติก บางชนิดบรรจุในขวดแก้ว ในการหยิบมาใช้ควรตรวจสอบโดยการอ่านฉลากสารเคมีที่ติดอยู่ข้างขวดให้ละเอียดก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าหยิบสารเคมีมาใช้ผิด โดยปกติฉลากสารเคมีที่ติดอยู่ข้างขวดจะระบุรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 **บริษัทผู้ผลิต** เช่น AJAX, BDH, MAY & BAKER

2.2 **ชื่อสารเคมี** ถ้าบริษัทผู้ผลิตเป็นบริษัทในประเทศอังกฤษ หรืออเมริกา ชื่อสารเคมีจะเป็นภาษาอังกฤษ แต่ถ้าเป็นบริษัทในประเทศเยอรมันชื่อสารเคมีจะเป็นภาษาเยอรมัน

2.3 **ปริมาณสารที่บรรจุ** ถ้าเป็นของแข็งจะบอกน้ำหนักไว้เป็น ปอนด์ กรัม หรือ กิโลกรัม ถ้าเป็นของเหลวจะบอกปริมาตรไว้เป็นลิตร

2.4 **เกรด** สารเคมีทุกขวดต้องบอกเกรดของสารเคมีเอาไว้ด้วย ถ้าเขียนไว้เป็น Analar, GR, AR หรือ RG หมายถึงสารเคมีอยู่ในพวก AR grade คือใช้กับงานวิเคราะห์หาปริมาณสาร แต่ถ้าเขียนไว้เป็น Laboratory Reagent, chem. Pure, purum หรือ C.P. หมายถึง สารเคมีพวก Lab Grade คือใช้กับการปฏิบัติการทดลองทั่วไป

2.5 **สูตรโมเลกุล** ฉลากที่ติดข้างขวดสารเคมีแต่ละชนิดต้องบอกสูตรโมเลกุลของสาร พร้อมทั้งน้ำหนักโมเลกุลในบางครั้งอาจบอกสูตร โครงสร้างไว้ด้วย

2.6 **ความบริสุทธิ์ (Assay)** การบอกความบริสุทธิ์ของสารเคมีจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (w / w) และนอกจากนี้อาจบอกเปอร์เซ็นต์ของมลทินที่มีปนอยู่แต่ละตัวอีกด้วย

2.7 **จุดหลอมเหลว จุดเดือด** สารเคมีจำพวกสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์บางชนิด จะบอกจุดหลอมเหลว หรือจุดเดือด

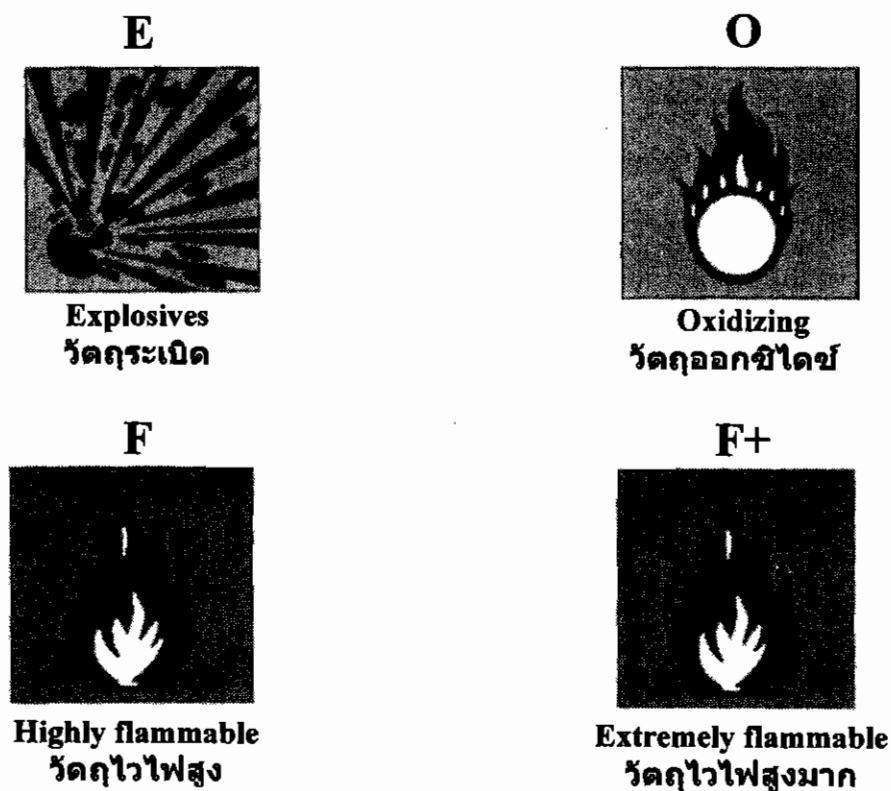
2.8 **ความถ่วงจำเพาะ หรือ ความหนาแน่น** สารเคมีที่เป็นของเหลวต้องบอกความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่น

**2.9 คำนีหักเหแสง (Refractive Index)**

**2.10 Catalog number และ Lot No.**

**2.11 สัญลักษณ์ของสารอันตราย** สารเคมีที่มีอันตรายจะมีคำเตือนแสดงเป็นสัญลักษณ์ที่ทราบกันดีดังรูป 3.1 เพราะเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นสากลเช่น สัญลักษณ์ที่เป็นรูปหัวกระโหลก หมายถึงสารเคมีที่เป็นพิษ ถ้าเป็นรูปเปลวไฟลูก หมายถึงสารเคมีที่ติดไฟง่าย เป็นต้น

การหยิบสารเคมีไปใช้ควรตรวจดูที่ฉลากของสารเคมีตามหัวข้อต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ การตรวจสอบดูจะทำให้การหยิบสารเคมีที่มีเกรด และคุณภาพตามที่ต้องการใช้งานเช่น ถ้าการปฏิบัติการทดลองจำเป็นต้องใช้สารเคมีชนิด AR grade แต่หยิบชนิด Lab grade มาใช้อาจทำให้ผลการทดลองได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร



รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์ของสารเคมีที่มีอันตราย

**T**



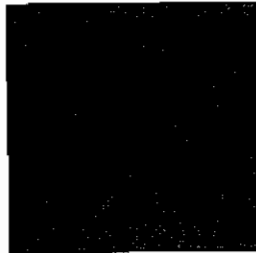
**Toxic**  
วัตถุพิษ

**T+**



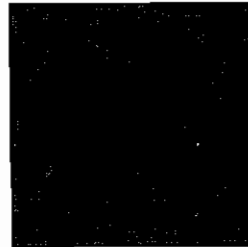
**Very toxic**  
วัตถุพิษรุนแรง

**Xn**



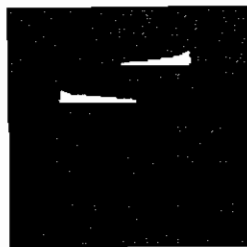
**Harmful**  
วัตถุอันตราย

**Xi**



**Irritant**  
วัตถุระคายเคือง

**C**



**Corrosive**  
วัตถุกัดกร่อน

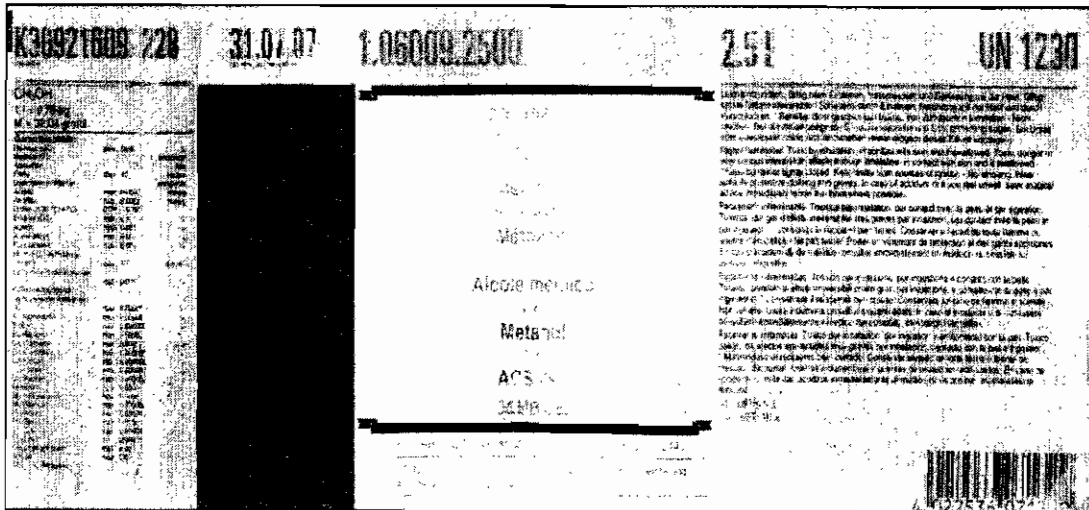
**N**



**Dangerous for environment**  
วัตถุที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 3.1 (ต่อ) สัญลักษณ์ของสารเคมีที่มีอันตราย

### 3. ตัวอย่างฉลากสารเคมี



**HIGHLY FLAMMABLE**  
**RISK R11**  
Highly flammable.

**SAFETY & FIRST AID** S9, 16, 23, 33  
Keep container in a well ventilated place. Keep away from sources of ignition - no smoking. Do not breathe vapour. Take precautionary measures against static discharges.

**SPILLS:**  
Ventilate to keep vapour concentration below explosive level. LIQUID - Absorb with peat based or vermiculite; evaporate and burn paper. SOLID - Sweep up and incinerate.

**FIRE:**  
Water fog (if unavailable) fine water spray may be used. Danger of violent reaction or explosion. Wear breathing apparatus for the only. Contain spills. Evacuation of people may be required.

**CAUTION**  
KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN  
READ SAFETY DIRECTIONS BEFORE OPENING OR USING  
**6-2.5L**

ANALYTICA ◻ REAGENT

ALSO REFER TO MSDS

Description: Clear liquid with a characteristic odour.

Assay (by GLC) ..... 99.5%w/w min  
Color (APHA) ..... 10 max  
Density @ 20°C ..... 0.7867g/ml max

**MAXIMUM LIMITS OF IMPURITIES (per cent):**

R.A.E. ....	0.001
Sol. in H <sub>2</sub> O .....	passes test
Titratable acid .....	0.03 mmol/l
Titratable base .....	0.06 mmol/l
Aldehyde (as HCHO) .....	0.02
Methanol, Propan-2-ol .....	0.05 each
Fe .....	0.00002
Subs. red. KMnO <sub>4</sub> .....	passes test
H <sub>2</sub> O .....	0.5
Al, Mg .....	0.00001 each
Ba, Cd, Pb .....	0.000005 each
Ca, Zn, Na, K .....	0.00005 each
Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Sr .....	0.000002 each

Tel: (02) 9735 8000 **AJAX LABORATORY CHEMICALS** 9 Short Street, Auburn NSW 2144 Australia

<p>ZnCl<sub>2</sub> CAS N. 7646-85-7 PW 136.28 Minimum assay: 97.0% (argentometric) IMPURITIES</p> <table border="1"> <tr><td>Ammonium</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Diluted hydrochloric acid</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Insoluble matter</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Mercuric</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Oxychloride (as ZnO)</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Other ions</td><td>&lt;=0.01%</td></tr> <tr><td>Sulfate</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Cl<sup>-</sup></td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>&lt;=0.01%</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Pb</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> <tr><td>Other ions</td><td>&lt;=0.005%</td></tr> </table> <p>The product may be obtained in cases in accordance with presentation: minimum 250g</p>	Ammonium	<=0.005%	Diluted hydrochloric acid	<=0.005%	Insoluble matter	<=0.005%	Mercuric	<=0.005%	Oxychloride (as ZnO)	<=0.005%	Other ions	<=0.01%	Sulfate	<=0.005%	Cl <sup>-</sup>	<=0.005%	Fe	<=0.01%	Mg	<=0.005%	Ni	<=0.005%	Pb	<=0.005%	Ca	<=0.005%	Other ions	<=0.005%	<p><b>CARLO ERBA</b> REAGENTI</p> <p>Zinc chloride ACS-For analysis</p> <p><b>RPE</b></p> <p>Cloruro di zinco Zinc chloride Zinkchlorid Zinc chloruro</p> <p>g 250 Code no 494105</p> <p>Expiry Date (MM/YY) 1/05 0M104091 D</p> <p>Dispose of properly Non disperdere nell'ambiente</p>	<p><b>EN - Zinc chloride</b> Classified as Very toxic to aquatic organisms may cause long-term adverse effects in the aquatic environment. Keep container tightly closed and dry. After contact with skin, wash immediately with plenty of water. In case of ac- cident or if you feel unwell, seek medical ad- vice immediately (show the label where pos- sible). This material and its container must be disposed of as hazardous waste. Have reference to the environmental. Refer to special environmental data sheets.</p> <p><b>IT - Cloruro di zinco</b></p> <p>Prevenire l'uso. Altamente tossico per gli organismi acquatici può provocare a lunga ter- mine effetti negativi per l'ambiente acquatico. Conservare il recipiente ben chiuso e al ripa- ro dall'umidità. In caso di contatto con la pelle lavarsi immediatamente ed abbondantemente con acqua. Evitare di ingerire o di inalare. Consultare immediatamente il medico (se pos- sibile, mostrargli l'etichetta). Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti cono- sciuto procedendo non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni specialistiche relative in materia di sicurezza.</p>
Ammonium	<=0.005%																													
Diluted hydrochloric acid	<=0.005%																													
Insoluble matter	<=0.005%																													
Mercuric	<=0.005%																													
Oxychloride (as ZnO)	<=0.005%																													
Other ions	<=0.01%																													
Sulfate	<=0.005%																													
Cl <sup>-</sup>	<=0.005%																													
Fe	<=0.01%																													
Mg	<=0.005%																													
Ni	<=0.005%																													
Pb	<=0.005%																													
Ca	<=0.005%																													
Other ions	<=0.005%																													

40M Carbon 8000 Supplies  
P.O. Box 1170, LTD, England  
Tel: 01202 654700

NaNO<sub>3</sub> = 54.99 g/mol

Specification

Acid insoluble matter	<= 0.005%
Insoluble matter	<= 0.005%
pH value in 1% water	5.5 - 8.0
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	<= 0.0025%
Sulfate	<= 0.0025%
Ammonium	<= 0.001%
Mercuric	<= 0.001%
Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	<= 0.0005%
Substrate (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	<= 0.003%
Heavy metals (as Pb)	<= 0.0005%
Calcium	<= 0.002%
Iron	<= 0.0005%
Other ions	<= 0.01%

Lot A 141862 225

**Analyt**

Sodium nitrate  
Sodium nitrate  
Natriumnitrat  
Sodio nitrato

R: 8-22-36 S: 22-24-41  
EC-No.: 231-554-3

Prod 1025540

500 g



Contact with combustible material may cause fire  
harmful if swallowed, irritating to eyes. Avoid breathing  
dust. Avoid contact with skin. In case of fire, neither  
extinguish nor use Droshe further.

Favorable l'alkumulation des matieres combustibles  
peut en cas d'incendie, entrain pour les yeux. Ne pas  
respirer des poussières. Eviter le contact avec la peau.  
En cas d'incendie, ne pas utiliser les  
lames.

Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen.  
Gesundheitsschädlich beim Verschlucken. Reizend die  
Augen. Staub nicht einatmen, Berührung mit der Haut  
vermeiden. E-Gefahren sind Droshe fern zu halten.  
Für die Vermeidung der Alkumulation der brennbaren  
Stoffe bei Lagerung, Vermeidung der Berührung mit  
entzündlichen Stoffen. Evitare il contatto con la pelle  
in caso di incendio, non respirare non respirare: non



BDH Laboratory Supplies  
 Poole, BH15 1TD, England  
 Tel: (01202) 699700



1 ml = 1 mg Cl

**Chloride standard solution**  
**Chloride soluzione standard**  
 (1000 ppm as Cl)

**Minimum shelf life**  
 1 October 2001

**Prod 16113 4H Lot 10091380W 100 ml**

**Fluka**

Lot/Filling code: 43017/1 32699  
 Assay - 10% in water (-1.1 M)  
 C<sub>14</sub>H<sub>18</sub>N<sub>4</sub>O 44.116 [75-59-2]  
 metallic (as chloride) < 5%; sulfate < 0.1%; d(20,4)

**87730 250 ml**  
**Tetramethylammonium hydroxide Solution**  
**Tetramethylammoniumhydroxid-Lösung**

Hydroxide de tétraméthylammonium Solution  
 Tetramethylammoniumhydroxid-Lösung  
 Hidroksid de tetrametilamonio, Solució

Keep under argon. Sensitive to carbon dioxide

For measuring with pH

Caution: Corrosive. Causes burns. In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice. Wear suitable protective clothing, gloves and eye/face protection. In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately (show the label where possible).

Arbeits-: Verursacht Verätzungen. Bei Berührung mit den Augen sofort mit Wasser abspülen und Arzt benachrichtigen. Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Schutzvisier tragen. Bei Unwohlsein oder Kopfschmerzen sofort einen Arzt informieren.

Precaution: Precaution des brûlures. En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste. Porter un vêtement de protection approprié. En cas de malaise, consulter un médecin (le posséder sur soi est recommandé).

Wetens: Verursacht brandwonden. Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspülen en de arts hiervan in kennis stellen. Draag geschikte beschermende kleding, handschoenen en een beschermingsbril of voor de ogen het gezicht. Bij een gevoel of ongemak met zichzelf of met iemand anders raadpleeg een arts.

Atenção: Provoca queimaduras. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente y abundantemente con agua y acudir a un médico. Usar ropa protectora y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. En caso de mal estar o malestar, acudir inmediatamente a un médico si es posible, mostrando el etiquetado.

Atenção: Atropelamentos. Causar queimaduras. Usar roupa protetora e guantes adequados e proteção para os olhos/face. Em caso de mal estar ou mal estar, procurar imediatamente um médico se possível, mostrando o etiquetado.



## 4. ข้อควรระวังในการใช้สารเคมี

### 4.1 การนำสารเคมีมาใช้

โดยปกติการทำาทดลองจำเป็นต้องนำสารเคมีที่มีอยู่มาเตรียมเป็นสารละลายเพื่อใช้ในการทดลองทุกครั้ง ในการเตรียมสารละลายแต่ละชนิดต้องมีการศึกษาถึงคุณสมบัติของสารเคมีชนิดนั้นๆ ให้ละเอียดก่อนนำมาใช้ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ และต้องศึกษาถึงเทคนิควิธีการเตรียมสารละลาย สารเคมีบางอย่างสามารถเตรียมเป็นสารละลายได้โดยวิธีง่ายๆ แต่บางอย่างต้องอาศัยเทคนิคของการละลายมาใช้ ตัวอย่างที่ควรระวังในการนำสารเคมีมาใช้เตรียมเป็นสารละลาย ได้แก่

ก. การเตรียมสารละลายเจือจางของกรดต่างๆ วิธีเตรียมควรใช้กรดที่เข้มข้นเทลงในน้ำอย่างช้าๆ กรดบางชนิดเมื่อผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาที่ให้ความร้อน (exothermic reaction) ถ้าเทน้ำลงในกรดปฏิกิริยาอาจรุนแรงได้เช่น กรดซัลฟริกเข้มข้น จึงห้ามเทน้ำลงในกรดซัลฟริกเข้มข้นโดยเด็ดขาด

ข. กรดอะซิติก เมื่อรวมกับกรดไนตริกเข้มข้น อาจเกิดการระเบิดขึ้นได้ ดังนั้นไม่ควรผสมกรดไนตริกเข้มข้นกับกรดอะซิติก

ค. กรดซัลฟริก สามารถใช้ละลายโลหะได้ แต่ถ้าเติมกรดซัลฟริกลงไปละลายโลหะมากเกินไปจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) ซึ่งอันตรายมาก

ง. กรดไนตริก เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรง ดังนั้นจึงสามารถละลายโลหะ และสารประกอบของโลหะได้หลายตัว แต่มีข้อเสียคือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นจะให้ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) ซึ่งเป็นก๊าซพิษ ดังนั้นในการเตรียมสารละลายของโลหะที่ต้องใช้กรดไนตริกเป็นตัวทำละลายควรทำในตู้ควัน

จ. กลีเซอรอลของโลหะต่างๆ ถ้าใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ อาจเกิดปฏิกิริยาและมีการระเบิดอย่างรุนแรงขึ้นได้ ดังนั้นการเตรียมสารละลายกลีเซอรอลควรใช้ตัวทำละลายเป็นสารอินทรีย์

ฉ. โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นตัวออกซิไดส์ที่ค่อนข้างแรง เมื่อผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น อาจเกิดระเบิดอย่างรุนแรงได้

ข. การทดลองใดๆ ที่ทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ควรทำในตู้ดูดควันที่สามารถดูดควันได้อย่างดี เพราะก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นก๊าซพิษ

ค. เกลือของไซยาไนด์ เช่น NaCN หรือ KCN เมื่ออยู่ในสารละลายของกรดจะทำให้เกิดก๊าซ HCN ซึ่งเป็นก๊าซพิษมาก ดังนั้นควรระมัดระวังเป็นพิเศษในการทดลองที่จำเป็นต้องใช้เกลือไซยาไนด์ ต้องพยายามรักษาสภาพของสารละลายไม่ให้ฤทธิ์เป็นกรด ต้องทำในสภาพที่สารละลายมีฤทธิ์เป็นเบสเสมอ

## 4.2 การเก็บรักษาสารเคมี

สารเคมีมีมากมายหลายชนิด และแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป การเก็บรักษาจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติของสารเคมีนั้นๆ ไว้ด้วย บางชนิดอาจก่อให้เกิดอันตรายได้หลายอย่าง สถานที่เก็บจำเป็นต้องมีอากาศถ่ายเทได้ดี เป็นสถานที่เย็นและมีบริเวณมิดชิดห่างจากบริเวณอื่นๆ มากๆ เพื่อความปลอดภัย มีชั้นวางและเก็บให้เป็นระเบียบ มีอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย เช่น เครื่องดับเพลิง อ่างน้ำ และอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายสารเคมี มีวิธีและอุปกรณ์การปฐมพยาบาลสำหรับผู้ได้รับอันตราย ดังนั้นการเก็บรักษาจำเป็นต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

ก. ความปลอดภัย ควรแยกเก็บสารเคมีไวไฟไว้ในที่ปลอดภัย ระวังเรื่องความร้อน ไฟ และไฟฟ้า สารเคมีที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำเช่น โลหะอัลคาไลน์ โลหะไฮไดรด์ ต้องเก็บไว้ในบริเวณที่ห่างจากน้ำ ไม่เก็บสารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดส์ ตัวไวไฟ และสารเคมีที่ระเบิดได้ไว้ในสถานที่เดียวกัน สารบางชนิดถ้าอยู่ใกล้กันอาจทำปฏิกิริยาทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ตัวอย่างของสารที่ไม่ควรเก็บไว้ใกล้กันเนื่องจากเข้ากันไม่ได้ดังตารางที่ 3.1

ข. การรักษาคุณภาพสารเคมี การเก็บรักษาสารเคมีถ้าเก็บไม่ดีจะทำให้สารเคมีเสื่อมสภาพได้ สารบางอย่างต้องเก็บไว้ในที่เย็น บางอย่างต้องเก็บในขวดสีชา สารที่ดูดความชื้นง่าย ควรเก็บไว้ในโถอบ สารเคมีบางชนิดสามารถเสื่อมสภาพถ้าเก็บไว้นานๆ ถึงแม้จะเก็บไว้อย่างดีก็ตามเช่น สารประกอบอีเทอร์พวก diethyl ether, di-isopropyl ether และ dioxane และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวก cyclohexane, tetrahydronaphthalene เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 แสดงสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (Incompatible Chemicals)

สารเคมี	กลุ่มสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (ไม่ควรเก็บรวมกัน)
Alkaline and alkaline earth metals, such as sodium, potassium, lithium, magnesium, calcium, aluminium.	Carbon dioxide, carbon tetrachloride and other chlorinated hydrocarbons any free acid or halogen.
Acetic Anhydride	Chromic acid, nitric acid, hydroxyl containing compounds, ethylene glycol perchloric acid, peroxides, and permanganates.
Acetone	Concentrated nitric acid, and sulfuric acid mixtures.
Acetylene	Chlorine, bromine, copper, silver, fluorine, and mercury.
Ammonia (anhydrous)	Mercury, chlorine, calcium hypochlorite, iodine, bromine and hydrogen fluoride.
Ammonium Nitrate	Acids, metal powders, flammable liquids, chlorates, nitrates, sulfur, finely divided organics or combustibles.
Aniline	Nitric acid, hydrogen peroxide.
Bromine	Ammonia, Acetylene, butadiene, butane, and other petroleum gases, sodium carbide, turpentine, benzene, and finely divided metals.
Calcium carbide	Water (see also acetylene)
Calcium oxide	Water.
Carbon, activated	Calcium hypochlorite.
Copper	Acetylene, hydrogen peroxide.

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (Incompatible Chemicals)

สารเคมี	กลุ่มสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (ไม่ควรเก็บรวมกัน)
Chlorates	Ammonium salts, acids, metal powders, sulfur, finely divided organics of combustibles.
Chromic acid	Acetic acid, naphthalene, camphor, glycerine, turpentine, alcohol, and other flammable liquids, paper or cellulose.
Chlorine	Ammonia, acetylene, butadiene, butane and other petroleum gases. Hydrogen, sodium carbide. Turpentine. Benzene. And finely divided metals.
Chlorine dioxide	Ammonia, methane, phosphine and hydrogen sulfide.
Fluorine	Isolate from everything.
Hydrocyanic acid	Nitric acid. alkali.
Hydrogen peroxide	Copper. Chromium. Iron, most metals or their salts, any flammable liquid, combustible materials. Aniline, nitromethane.
Hydrofluoric acid. Anhydrous (hydrogen fluoride)	Ammonia, aqueous or anhydrous.
Hydrogen sulfide	Fuming nitric acid. Oxidizing gases.
Hydrocarbons (benzene, butane, propane, gasoline, turpentine, etc.)	Fluorine. Chlorine, bromine, chromic acid, sodium peroxide.
Iodine	Acetylene, ammonia (anhyd, or aqueous).
Mercury	Acetylene, fulminic acid. ammonia.
Nitric acid (concentrated)	Acetic acid, aniline, chromic acid, hydrocyanic acid, hydrogen sulfide, flammable liquids, flammable gases, and nitritable substances.

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (Incompatible Chemicals)

สารเคมี	กลุ่มสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้ (ไม่ควรเก็บรวมกัน)
Nitroparaffins	Inorganic bases.
Oxygen	Oils, grease, hydrogen, flammable liquids, solids, or gases.
Oxalic acid	Silver, mercury.
Perchloric acid	Acetic anhydride, bismuth and its alloys, alcohol, paper, wood, grease, oils, organic amines or antioxidants.
Peroxides, Organic	Acids (organic or mineral) avoid friction, Air, oxygen.
Peroxides (white)	Air, Oxygen.
Potassium chlorate	Acids (see also chlorate).
Potassium perchlorates	Acids (see also perchloric acid)
Potassium permanganate	Glycerine, ethylene glycol, benzaldehyde, any free acid.
Silver	Acetylene, oxalic acid, tartaric acid, fulminic acid, ammonium compounds.
Sodium	See alkaline metals (above).
Sodium nitrate	Ammonium nitrate and other ammonium Salts :
Sodium oxide	Water, any free acid.
Sodium peroxide	Any oxidizable substance, such as ethanol, methanol, glacial acetic acid, acetic anhydride, benzaldehyde, carbon disulfide, glycerine, ethylene glycol, ethyl acetate, methyl acetate, and furfural.
Sulfuric acid	Chlorates, perchlorates, permanganates.

## 5. ข้อควรปฏิบัติในการเตรียมสารละลายจากสารเคมี

สารเคมีทุกชนิดจัดได้ว่ามีราคาแพง และบางชนิดเป็นอันตรายมาก ดังนั้นในการหยิบสารเคมีมาใช้ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ การนำมาใช้ควรใช้อย่างประหยัด ข้อปฏิบัติที่ถูกต้องในการเตรียมสารละลายเคมีเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1. อ่านฉลากข้างขวดสารเคมีที่จะนำมาใช้ให้ถูกต้องตามที่ต้องการ
2. ต้องใช้ช้อนที่สะอาดและแห้งตักสารเคมีออกจากขวด
3. ไม่ควรเอาสารเคมีออกจากขวดมากเกินไปเกินความต้องการ
4. สารเคมีที่นำออกจากขวดแล้วต้องไม่เทกลับคืนเมื่อเหลือใช้ เพราะสารนั้นอาจเปลี่ยนสภาพจากเดิมไปเมื่อดังหึ่งไว้ในอากาศเช่น ถ้าสารนั้นถูกความชื้นจะทำให้มีลักษณะเยิ้มเหลว หรือเปลี่ยนสีไปจากเดิม หรืออาจจะมีฝุ่นผงและสิ่งเจือปนอื่นๆ ตกกลงไปในสารเคมีที่ดังหึ่งไว้นั้นก็ได้ ดังนั้นถ้าเทกลับคืนในขวดจะทำให้สารนั้นใช้ไม่ได้ทั้งขวด
5. ไม่ควรเปิดขวดสารเคมีดังหึ่งไว้นานๆ ควรปิดทันทีหลังจากที่ตักสารที่ต้องการออกมาแล้ว
6. ถ้าสารเคมีที่ต้องการนำมาใช้เป็นของเหลว ห้ามใช้ปิเปตจุ่มลงไปในขวดสารเคมีโดยเด็ดขาด เพราะปิเปตอาจที่ไม่สะอาดพอจะทำให้สารเคมีทั้งขวดถูกปนเปื้อน (contaminate) ควรเทสารเคมีที่เป็นของเหลวใส่บีกเกอร์สักเล็กน้อยพอที่ที่ต้องการใช้แล้วใช้ปิเปตดูดสารละลายจากบีกเกอร์อีกครั้งหนึ่ง
7. สารเคมีที่เตรียมเสร็จแล้ว ควรบรรจุในขวดเก็บสารเคมีพร้อมทั้งติดฉลากให้เรียบร้อย บอกชื่อสาร ความเข้มข้น วันที่เตรียมสารละลาย และชื่อผู้เตรียมสารละลาย

## 6. การเตรียมสารละลาย

สารเคมีทั้งที่เป็นของแข็ง (solid) และของเหลว (liquid) เมื่อต้องการนำมาเตรียมเป็นสารละลายเจือจางทำได้โดย

- 1) คำนวณหาน้ำหนัก หรือปริมาณของสารเคมีที่ต้องการใช้
- 2) ชั่ง หรือวัดปริมาตรให้ได้ตามที่ต้องการ
- 3) นำมาละลาย หรือเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรตามที่ต้องการ

การนำสารเคมีที่เป็นของแข็งมาชั่ง หรือการวัดปริมาตรของสารเคมีที่เป็นของเหลว ต้องปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการเตรียมสารละลายที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว

### 6.1 การเตรียมสารละลายเคมีสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

#### ก. การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นอย่างประมาณ

วิธีนี้ใช้การชั่งสารเคมีของแข็ง หรือวัดปริมาตรของสารเคมีของเหลวอย่างประมาณโดยเครื่องชั่งหยาบหรือกระบอกตวง แล้วนำมาละลายหรือเจือจางด้วยน้ำกลั่น ใช้สำหรับเตรียมสารละลายเคมีที่ต้องใช้ในการทดลองโดยที่สารเคมีนี้ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่ต้องใช้ คำนวณหาปริมาณเช่น การเติม 20 % NaOH เพื่อละลาย  $As_2O_3$  สารละลาย 20 % NaOH ไม่จำเป็นต้องเตรียมอย่างถูกต้องโดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้า สามารถเตรียมได้อย่างหยาบๆ โดยเครื่องชั่งหยาบ ถ้าต้องการนำสารละลายที่เตรียมได้นี้ไปใช้โดยจำเป็นต้องทราบความเข้มข้นที่แน่นอนเพราะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาและต้องใช้ในการคำนวณ สามารถทำได้โดยทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardize) กับสารละลายปฐมภูมิ (Primary standard solution)

#### ข. การเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นถูกต้อง

วิธีนี้ต้องชั่งสารเคมีของแข็งอย่างละเอียดด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า 4 – 5 ตำแหน่ง หรือวัดปริมาตรของสารเคมีของเหลวด้วยปิเปต แล้วละลายหรือเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรที่ต้องการ โดยใช้ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask)

การชั่งสารเคมีของแข็งให้ได้น้ำหนักละเอียดเพื่อนำมาเตรียมเป็นสารละลายสามารถทำได้ 2 แบบคือ

(1) เมื่อคำนวณน้ำหนักของสารเคมีที่ต้องการชั่งได้แล้ว ให้พยายามชั่งน้ำหนักสารเคมีให้มีน้ำหนักเท่ากับที่คำนวณได้เช่น ถ้าต้องการเตรียมสารละลายปฐุมภูมิโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) 0.100 M จำนวน 100 มล. ต้องชั่งสาร KHP เท่ากับ 2.0422 กรัม ต้องพยายามชั่งสารเคมีให้ได้น้ำหนัก 2.0422 กรัม แล้วนำมาละลายน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มล. โดยใช้ขวดวัดปริมาตร ความเข้มข้นของสารละลาย KHP ที่เตรียมได้จะมีค่าเท่ากับ 0.100 M พอดี วิธีการนี้ไม่ค่อยดีนักเพราะเสียเวลาในการชั่งนาน จึงทำให้สารเคมีมีโอกาสสัมผัสกับความชื้นในอากาศได้นาน ดังนั้นการเตรียมโดยวิธีนี้จึงไม่นิยมใช้จะใช้วิธีที่ 2 มากกว่า

(2) เมื่อคำนวณน้ำหนักของสารเคมีที่ต้องการชั่งได้แล้ว ทำการชั่งน้ำหนักสารเคมีให้มีน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักที่คำนวณได้ (ไม่ต้องให้เท่ากับที่คำนวณ) แต่ให้ได้น้ำหนักถูกต้องและแน่นอนว่าที่ชั่งได้เป็นเท่าใด ทั้งนี้เพื่อความรวดเร็วในการชั่ง แล้วนำน้ำหนักที่ชั่งได้นี้ไปคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนอีกครั้งหนึ่ง เช่น ต้องการชั่งน้ำหนักสารเคมีเท่ากับ 2.0422 กรัม แต่เมื่อชั่งจริงๆ แล้วอาจชั่งน้ำหนัก KHP ได้เท่ากับ 2.0478 กรัม ก็ได้ หลังจากนั้นให้คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ KHP จากน้ำหนักที่ชั่งได้ เมื่อนำมาเตรียมสารละลายในขวดวัดปริมาตร 100 มล. วิธีคำนวณทำได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{สารละลาย 100 มล. KHP มี} &= \frac{2.0478}{204.22} \text{ โมล} \\ \text{สารละลาย 1000 มล. KHP มี} &= 0.1002 \text{ โมล} \\ \therefore \text{ความเข้มข้นของสารละลาย} &= 0.1002 \text{ โมลาร์} \end{aligned}$$

การเตรียมสารละลายเคมีต่างๆ ให้มีความเข้มข้นถูกต้องมากที่สุด และมีปริมาตรเหมาะสมกับการใช้งานนั้นๆ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะความเข้มข้นที่ถูกต้องจะช่วยให้ผลการทดลองมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ผู้ทดลองควรเข้าใจการทดลองเป็นอย่างดีและมีการวางแผนงานมาก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลอง ควรวางแผนเตรียมสารละลายให้มีปริมาตรตามที่ต้องการใช้เท่านั้น ไม่ควรเตรียมสารละลายให้มากเกินไปจนจำเป็นสำหรับการทดลองหนึ่งๆ และควรมีการคำนวณมาก่อนล่วงหน้าว่าต้องใช้สารเคมีจำนวนเท่าใดต่อปริมาตรที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย การคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายมีหลายวิธีแล้วแต่ชนิดความเข้มข้นที่ต้องการ ดังนี้



## 6.2 การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นโมลาร์ หรือฟอรมอล

ถ้าไม่คำนึงถึงการแตกตัวของสารในน้ำที่นำมาเตรียมเป็นสารละลาย การคำนวณความเข้มข้นให้มีหน่วยเป็นโมลาร์และฟอรมอลจะเหมือนกัน ความเข้มข้นเป็นโมลาร์หมายถึงจำนวน โมลของสารที่อยู่ในสารละลาย 1 ลิตร ถ้าต้องการเตรียมสารละลายเข้มข้น 1 โมลาร์หมายถึงว่าต้องใช้สารเคมีนั้นจำนวน 1 โมล ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร จำนวนสาร 1 โมล คือน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้นนั่นเอง แสดงว่าต้องชั่งสารนั้นมาหนักเท่ากับน้ำหนักโมเลกุล แล้วนำมาเตรียมเป็นสารละลายปริมาตร 1 ลิตร

$$M = \frac{\text{mole}}{\text{litre}} = \frac{\text{mole}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{Mole} = \frac{\text{gm}}{\text{M.W.}}$$

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าสารเคมีมีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวจะมีวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน ดังที่แสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้

### ก. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของแข็ง

**ตัวอย่าง 1** จงอธิบายการเตรียมสารละลาย 0.100 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ปริมาตร 2 ลิตร จากของแข็ง  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ที่บริสุทธิ์

**วิธีทำ**

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโมลที่ต้องใช้} &= 0.100 \times 2 \\ &= 0.200 \quad \text{โมล} \\ \text{น้ำหนัก } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ ที่ใช้} &= \text{mole} \times \text{M.W.} \\ &= 0.200 \times 106 \\ &= 21.2 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

นั่นคือต้องชั่งสารเคมี  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  หนัก 21.2 กรัม นำมาละลายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 2 ลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารละลาย  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.100 M

**ตัวอย่าง 2** ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย EDTA เข้มข้น 0.01 M จำนวน 500 มล. ต้องใช้ EDTA หนักกี่กรัม

**วิธีทำ**

ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย EDTA เข้มข้น 1 M จำนวน 1 ลิตร ต้องใช้ EDTA = 372.2 กรัม (น้ำหนักโมเลกุล EDTA)

$$\begin{aligned} \text{ถ้าต้องการเตรียม 0.01 M จำนวน 1 ลิตร ใช้ EDTA} &= 372.2 \times 0.01 \\ &= 3.722 \quad \text{กรัม} \\ \text{ต้องการเตรียม 500 มล. แสดงว่าต้องใช้ EDTA} &= \frac{3.722 \times 500}{1000} \\ &= 1.861 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

**ตัวอย่าง 3** ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  เข้มข้น 0.075 M จำนวน 250 มล. จะต้องใช้  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  หนักกี่กรัม

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{จำนวน } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ ที่ใช้} &= \frac{0.075 \times 250}{1,000} \quad \text{โมล} \\ &= 0.0188 \quad \text{โมล} \\ \text{น้ำหนัก } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ ที่ใช้} &= \text{mole} \times \text{M.W.} \\ &= 0.0188 \times 244 \\ &= 4.57 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

**ข. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของเหลว**

สารเคมีที่เป็นของเหลวที่มาจากโรงงานหรือบริษัท จะต้องบอกคุณสมบัติของสารไว้ที่ขวดเสมอ คุณสมบัติของสารที่จำเป็นต้องทราบเพราะต้องใช้ในการคำนวณคือ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ (Assay) ความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นและน้ำหนักโมเลกุล วิธีการคำนวณจะแสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้

**ตัวอย่าง 4** แอมโมเนียเข้มข้นจากโรงงานผู้ผลิตมีเปอร์เซ็นต์แอมโมเนียเท่ากับ 27% ความถ่วงจำเพาะ 0.90 จงคำนวณว่าต้องใช้แอมโมเนียจากโรงงานจำนวนเท่าไร เพื่อเตรียมเป็นสารละลาย 250 มล. เข้มข้น 6.0 M

**วิธีทำ** น้ำหนักโมเลกุลของ  $\text{NH}_3$  = 17

$$\text{NH}_3 \text{ เข้มข้น จำนวน 250 มล. แสดงว่ามีเนื้อสาร } \text{NH}_3 \text{ เท่ากับ}$$

$$= 250 \times 6.0 \times \frac{1.7}{1,000}$$

$$= 25.5 \text{ กรัม}$$

เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของ  $\text{NH}_3$  = 27%

แสดงว่า  $\text{NH}_3$  27 กรัมจะมาจาก  $\text{NH}_3$  เข้มข้น = 100 กรัม

ถ้า  $\text{NH}_3$  25.5 กรัม จะมาจาก  $\text{NH}_3$  เข้มข้น =  $\frac{100 \times 25.5}{27}$  กรัม

$$= 94.44 \text{ กรัม}$$

จากความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.90 แสดงว่า

$\text{NH}_3$  หนัก 0.90 กรัม มีปริมาตรเท่ากับ = 1 มล.

$\therefore$   $\text{NH}_3$  หนัก 94.44 กรัม มีปริมาตรเท่ากับ =  $\frac{1 \times 94.44}{0.90}$  มล.

$$= 105 \text{ มล.}$$

ต้องนำ  $\text{NH}_3$  เข้มข้นมา 105 มล. แล้วทำให้เป็นสารละลายที่มีปริมาตรเท่ากับ 250 มล.

**ตัวอย่าง 5** กรดไนตริกเข้มข้นมีฉลากปิดข้างขวดบอกค่าต่างๆ ไว้ดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ	=	1.420
น้ำหนักโมเลกุล	=	63.01
% Assay	=	69-70 %

จงคำนวณหาความเข้มข้นของกรดไนตริกเข้มข้นนี้ และถ้าต้องการเตรียมสารละลายของกรดไนตริกให้มีความเข้มข้น 0.1 M จำนวน 250 มล. ต้องใช้กรดไนตริกเข้มข้นกี่มิลลิลิตร

วิธีทำ	จากความถ่วงจำเพาะของกรดไนตริก	=	1.420	มล.
	แสดงว่ากรดไนตริก 1.420 กรัม มีปริมาตร	=	1	มล.
	ถ้ากรดไนตริก 100 กรัม จะมีปริมาตร	=	$\frac{100}{1.420}$	มล.
		=	70.42	มล.
	จากเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของกรดไนตริก	=	70	
	นั่นคือ กรดไนตริกเข้มข้น 100 กรัมมีเนื้อกรด	=	70	กรัม
	∴ กรดไนตริก 70.42 มล. มีเนื้อสาร	=	$\frac{70}{63.01}$	
	กรดไนตริก 1,000 มล. มีเนื้อสาร	=	$\frac{70 \times 1,000}{70.42}$	
		=	15.8	โมล
	ความเข้มข้นของกรดไนตริกเข้มข้น	=	15.8	โมล/ลิตร
	ถ้าต้องการเตรียมสารละลายเข้มข้น 0.1 M จำนวน 250 มล.			
	ต้องใช้เนื้อสารเท่ากับ 0.1 x 250	=	25	มิลลิโมล
	25	=	$15.8 \times V$ (V คือปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้น)	
	V	=	$\frac{25}{15.8}$	= 1.6 มล.

ต้องใช้กรดไนตริกเข้มข้น 1.6 มล. เตรียมเป็นสารละลาย 250 มล. จะได้ความเข้มข้น 0.1 M

การคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายจากกรด หรือเบสเข้มข้น สามารถใช้สูตรในการคำนวณ  
ได้ดังนี้

$$V = \frac{1000 \times MM'}{pd} \quad \text{--- 3.1}$$

V = ปริมาตรของสารที่ใช้เตรียมสารละลาย 1 ลิตร

M = น้ำหนักโมเลกุล

M' = ความเข้มข้นเป็นโมลาร์

p = เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์

d = ความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะของสารที่เป็นของเหลว

จากตัวอย่างที่ 5 ต้องการเตรียมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 250 มล. ถ้า  
คำนวณจากสูตรก็ได้คำตอบเดียวกัน

$$V = \frac{100 \times 63.01 \times 0.1}{70 \times 1.42} = 6.34$$

ดังนั้นถ้าต้องการเตรียมสารละลายกรดไนตริกให้มีปริมาตร 250 มล.

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้นที่ใช้} &= \frac{6.34 \times 250}{1000} \\ &= 1.58 \text{ มล.} \end{aligned}$$

### ค. การเจือจางสารละลาย (Dilution)

บางครั้งในห้องปฏิบัติการจะเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นมากๆ ไว้ ดังนั้นถ้าในการทดลองต้องการใช้สารละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นที่น้อยกว่า หรือเจือจางกว่า จะมีวิธีการเตรียมสารละลายให้เจือจางลง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

**ตัวอย่าง 6** จงเตรียมสารละลายกรดเกลือให้มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ จำนวน 250 มล. จากสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 6 โมลาร์

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{สมมติว่าต้องใช้ HCl เข้มข้น 6 โมลาร์} &= V \quad \text{มล.} \\ \text{จำนวนโมลของ HCl ที่ใช้} &= \frac{V \times 6}{1,000} \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

$$\text{กรดเกลือเข้มข้น 0.2 โมลาร์จำนวน 250 มล. แสดงว่ามีเนื้อสารเท่ากับ} \quad \frac{0.2 \times 250}{1,000} \quad \text{โมล}$$

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือ} \quad \frac{V \times 6}{1,000} &= \frac{0.2 \times 250}{1,000} \\ V &= 8.33 \quad \text{มล.} \end{aligned}$$

ต้องใช้กรดเกลือเข้มข้น 6 โมลาร์ จำนวน 8.33 มล. มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 250 มล.

หรือใช้สูตร

$$\begin{aligned} C_1 V_1 &= C_2 V_2 \\ 6 \times V_1 &= 0.2 \times 250 \\ V_1 &= \frac{0.2 \times 250}{6} \\ V_1 &= 8.33 \quad \text{มล.} \end{aligned}$$

### 6.3 การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นนอร์มอล

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นหน่วยนอร์มอลคล้ายคลึงกับการคำนวณเป็นโมลาร์ แตกต่างกันที่การคำนวณเป็นโมลาร์ต้องใช้น้ำหนักโมเลกุล ส่วนการคำนวณเป็นนอร์มอลใช้น้ำหนักสมมูลของสารเคมี

$$N = \frac{\text{no. eq. wt.}}{\text{liter}}$$

$$\text{eq. wt.} = \frac{\text{molecular weight}}{\text{change of oxidation state}}$$

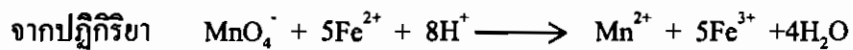
$$\text{no. eq. wt.} = \frac{g}{\text{eq. wt.}}$$

วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการเตรียมเป็นนอร์มอล แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

#### ก. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของแข็ง

**ตัวอย่าง 7** ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  เข้มข้น 0.1 N จำนวน 1 ลิตร ต้องใช้สาร  $\text{KMnO}_4$ หนักเท่าไรในการทำปฏิกิริยากับเหล็ก

**วิธีทำ**



$$\begin{aligned} \text{จำนวนกรัมสมมูลของ } \text{KMnO}_4 \text{ ที่ต้องใช้} &= 0.1 \text{ กรัมสมมูล} \\ \text{น้ำหนักสมมูลของ } \text{KMnO}_4 &= \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{5} \\ &= 158.0 / 5 \\ &= 31.6 \\ \text{น้ำหนักของ } \text{KMnO}_4 &= 0.1 \times 31.6 \\ &= 3.16 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

**ตัวอย่าง 8** จงอธิบายการเตรียมสารละลาย 0.200 N BaCl<sub>2</sub> จากของแข็ง BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O จำนวน 500 มล.

**วิธีทำ**

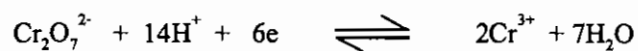
$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักสมมูล BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{2} \\ &= \frac{244.24}{2} \\ &= 122.12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนกรัมสมมูลที่ต้องใช้} &= \frac{0.200 \times 500}{1,000} \\ &= 0.1 \quad \text{กรัมสมมูล} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ต้องใช้ BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} &= 0.1 \times 122.12 \quad \text{กรัม} \\ &= 12.21 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

วิธีเตรียมทำโดยใช้ BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O น้หนัก 12.21 กรัม ละลายน้ำแล้วให้มีปริมาตร 500 มล. จะได้สารละลายเข้มข้น 0.2 N

**ตัวอย่าง 9** จงอธิบายการเตรียมสารละลาย 0.15 N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> จำนวน 250 มล. เพื่อใช้ในการเกิดปฏิกิริยา



**วิธีทำ**

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักสมมูล K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 &= \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{6} \\ &= \frac{294.24}{6} \\ &= 49.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนกรัมสมมูลที่ต้องใช้} &= \frac{0.15 \times 250}{1,000} \\ &= 37.5 \times 10^{-3} \quad \text{กรัมสมมูล} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \therefore \text{ต้องใช้ } K_2Cr_2O_7 &= 37.5 \times 10^{-3} \times 49.04 \text{ กรัม} \\ &= 1.84 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

วิธีเตรียมทำโดยใช้  $K_2Cr_2O_7$  หนัก 1.84 กรัม ละลายน้ำแล้วให้มีปริมาตร 250 มล.

#### ข. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของเหลว

การคำนวณหาปริมาตรของสารเคมีที่มาจากโรงงานผู้ผลิตเพื่อเตรียมเป็นสารละลายให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการ สามารถคำนวณได้แบบเดียวกับการคำนวณในหน่วยของโมลาร์ และอาจใช้สูตรในการคำนวณได้เช่นกัน คือ

การคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายจากกรด หรือเบสเข้มข้น สามารถใช้สูตรในการคำนวณได้ดังนี้

$$V = \frac{100 \times MN}{apd} \quad \text{————— 3.2}$$

V คือ ปริมาตรของสารที่ใช้เตรียมเป็นสารละลาย 1 ลิตร

M คือ น้ำหนักโมเลกุล

N คือ ความเข้มข้นเป็นนอร์มอล

a คือ จำนวนโปรตอนของกรดที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ (acidity) หรือจำนวนเลขออกซิเดชันที่เกิดการถ่ายเทในปฏิกิริยา

p คือ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์

d คือ ความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะของสารที่เป็นของเหลว

**ตัวอย่าง 10** กรดซัลฟูริกเข้มข้น บอกค่าต่างๆ ไว้ดังนี้

ความหนาแน่น	=	1.787	กรัม/มล.
น้ำหนักโมเลกุล	=	98	
% Assay	=	96	

จงคำนวณว่าถ้าต้องการเตรียมสารละลายของกรดซัลฟูริกให้มีความเข้มข้น 0.5 N จำนวน 500 มล. ต้องใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นกี่มิลลิลิตร

**วิธีทำ**

$$V = \frac{100 \times 98 \times 0.5}{2 \times 96 \times 1.787} = 14.28$$

ถ้าต้องการเตรียม 1,000 มล. ต้องใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น = 14.28 มล.

ถ้าต้องการเตรียม 500 มล. ต้องใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น =  $\frac{14.28 \times 500}{1,000}$  มล.

= 7.14 มล.

∴ ต้องใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น = 7.14 มล.

**ค. การเจือจางสารละลาย (Dilution)**

ถ้ามีสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เมื่อต้องการเตรียมเป็นสารละลายที่เจือจางลง สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$N_1V_1 = N_2V_2 \quad \text{————— 3.3}$$

**ตัวอย่าง 11** มีสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 6 N เมื่อต้องการเตรียมเป็นสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.5 N จำนวน 500 มล. ต้องใช้กรดเกลือเข้มข้น 6 N จำนวนเท่าใด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} N_1 V_1 &= N_2 V_2 \\ 6 \times V &= 0.5 \times 500 \\ \therefore V &= 41.67 \quad \text{มล.} \end{aligned}$$

$\therefore$  ต้องใช้กรดเกลือเข้มข้น 6 N จำนวน 41.67 มล.

**ตัวอย่าง 12** ถ้าต้องการเตรียมสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 0.2 N จำนวน 250 มล. ต้องใช้สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 5.0 N จำนวนกี่มิลลิลิตร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} N_1 V_1 &= N_2 V_2 \\ 5.0 \times V &= 0.2 \times 250 \\ \therefore V &= 10 \quad \text{มล.} \end{aligned}$$

$\therefore$  ต้องใช้สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 5.0 N จำนวน 10 มล.

#### 6.4 การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็น ppm (part per million)

สารละลายที่เจือจางมากๆ ควรใช้หน่วยความเข้มข้นเป็น ppm ซึ่งหมายถึงจำนวนส่วนของสารในล้านส่วนของสารละลาย

$$\begin{aligned} \text{ppm} &= \mu\text{g} / \text{cm}^3 = \mu\text{g} / \text{ml} \\ \text{หรือ} &= \text{mg} / \text{dm}^3 = \text{mg} / \text{litre} \end{aligned}$$

สารละลายที่มีความเข้มข้น 10 ppm หมายความว่าในสารละลายนั้น 1 มล. มีเนื้อสารหนัก 10  $\mu\text{g}$   
วิธีการเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นต่างๆ สามารถทำได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ก. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของแข็ง

**ตัวอย่าง 13** ต้องการเตรียมสารละลาย  $K^+$  ให้มีความเข้มข้น 50 ppm จำนวน 500 มล. ต้องใช้  $K_2SO_4$  หนักกี่กรัม

**วิธีทำ**

$$\begin{aligned} \text{ถ้าเตรียมสารละลาย 1,000 มล. จะต้องมี } K^+ &= 50 \quad \text{มิลลิกรัม} \\ \text{ถ้าเตรียมสารละลาย 500 มล. จะต้องมี} &= \frac{50 \times 500}{1,000} \quad \text{มิลลิกรัม} \\ &= 25 \quad \text{มิลลิกรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักโมเลกุล } K_2SO_4 &= 174.26 \\ \text{ถ้าต้องการ } K^+ 2 \times 39.1 \text{ กรัม ต้องใช้ } K_2SO_4 &= 174.26 \quad \text{กรัม} \\ \text{ถ้าต้องการ } K^+ 25 \times 10^{-3} \text{ กรัม ต้องใช้ } K_2SO_4 &= \frac{174.26 \times 25 \times 10^{-3}}{39.1 \times 2} \quad \text{กรัม} \\ \therefore \text{ ต้องใช้ } K_2SO_4 \text{ หนัก} &= 0.0557 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

วิธีเตรียมคือ ชั่ง  $K_2SO_4$  หนัก 0.0557 กรัม เตรียมเป็นสารละลายให้ได้ปริมาตร 500 มล. ด้วยน้ำกลั่น

**ตัวอย่าง 14** จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายเหล็กเข้มข้น 1,000 ppm จากลวดเหล็ก

**วิธีทำ**

สารละลายเข้มข้น 1,000 ppm แสดงว่ามีเหล็กอยู่ 1,000 มิลลิกรัม หรือ 1 กรัม ในสารละลาย 1 ลิตร

ดังนั้นวิธีการเตรียมทำโดยชั่งลวดเหล็กหนัก 1 กรัม และนำมาละลายด้วยกรดเกลือเข้มข้นแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร จะได้สารละลายเหล็กที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm

**ตัวอย่าง 15** ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้นของ Na<sup>+</sup> เท่ากับ 100 ppm ต้องใช้ NaCl ที่เป็นของแข็งหนักเท่าไร

**วิธีทำ**

สารละลายเข้มข้น 100 ppm แสดงว่าในสารละลาย 1 ลิตร มี Na<sup>+</sup> หนักเท่ากับ (หรือ 0.1000 กรัม)

จากน้ำหนักโมเลกุลของ NaCl	=	58.8	
ถ้าต้องการ Na <sup>+</sup> 23 กรัม ต้องใช้ NaCl	=	58.5	กรัม
∴ ถ้าต้องการ Na <sup>+</sup> 0.01 กรัม ต้องใช้ NaCl	=	$\frac{58.5 \times 0.01}{23}$	กรัม
	=	0.2543	กรัม

ในการเตรียมสารละลาย Na<sup>+</sup> เข้มข้น 100 ppm ต้องใช้ NaCl หนัก 0.2543 กรัม เตรียมเป็นสารละลายให้มีปริมาตร 1 ลิตร

**ข. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของเหลว**

ตามที่กล่าวมาแล้วว่าสารเคมีที่มาจากโรงงานต้องบอกคุณสมบัติของสารไว้ที่ฉลากข้างขวด ซึ่งค่าเหล่านั้นมีความจำเป็นที่ต้องใช้ในการคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นเป็น ppm ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

**ตัวอย่าง 16** จงเตรียมสารละลายกรดไนตริกให้มีความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 1 ลิตร

**วิธีทำ**

☐ สารละลายเข้มข้น 100 ppm แสดงว่ามีเนื้อกรดไนตริกหนัก 100 มิลลิกรัม ในสารละลาย 1 ลิตร

☐ จากเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของกรดไนตริกที่บอกไว้ข้างขวดมีค่าเท่ากับ 70% นั่นคือ

กรดไนตริก 70 มิลลิกรัม จะอยู่ในสารละลายกรดไนตริก = 100 มิลลิกรัม

ถ้ากรดไนตริก 100 มิลลิกรัม จะอยู่ในสารละลายกรดไนตริก =  $\frac{100 \times 100}{70}$  มิลลิกรัม

∴ ต้องใช้กรดไนตริกเข้มข้น = 142.86 มิลลิกรัม

$$\begin{aligned}
 \text{๓ กรดไนตริกเข้มข้นมีความหนาแน่น} &= 1.420 \text{ กรัม / มล.} \\
 \therefore \text{กรดไนตริก 142.86 กรัม จะมีปริมาตร} &= \frac{142.86 \times 10^{-3} \text{ มล.}}{1.420} \\
 &= 0.1006 \text{ มล.}
 \end{aligned}$$

การเตรียมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 100 ppm ทำได้โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 0.1006 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร

#### ค. การเจือจางสารละลาย (Dilution)

ในการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้เครื่องมือสามารถทำการวิเคราะห์กับสารละลายที่เจือจางมากๆ ที่มีหน่วยความเข้มข้นเป็น ppm และในการหาปริมาณส่วนใหญ่ทำได้โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) การเตรียมสารละลายมาตรฐานที่เจือจางมากๆ ไม่สามารถทำได้โดยตรงเพราะการชั่งสารปริมาณน้อยๆ จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้มาก วิธีการเตรียมควรเริ่มต้นด้วยการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นสูงที่เรียกว่า Stock Solution แล้วนำ stock solution มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการเพื่อนำไปทดลองทำกราฟมาตรฐานต่อไป

**ตัวอย่าง 17** จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน  $\text{Fe}^{3+}$  ที่มีความเข้มข้นดังนี้ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ppm จำนวน 100 มล. จากสารละลายมาตรฐาน stock solution ที่มีความเข้มข้นของ  $\text{Fe}^{3+}$  เท่ากับ 500 ppm

#### วิธีทำ

- ◇ สารละลายเหล็กเข้มข้น 10 ppm หมายความว่าเนื้อเหล็ก 10  $\mu\text{g}$  ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร
- ◇ เมื่อต้องการเตรียมสารละลายจำนวน 100 มล. แสดงว่ามีเนื้อเหล็กทั้งหมดในสารละลาย  $= 100 \times 10 = 1,000 \mu\text{g}$
- ◇ จาก stock solution เข้มข้น 500 ppm แสดงว่ามีเนื้อเหล็ก 500  $\mu\text{g}$  ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร
- ◇ ต้องการเนื้อเหล็ก 1,000  $\mu\text{g}$  แสดงว่าต้องใช้ เท่ากับ 2 มิลลิลิตร

หรือ ใช้สูตร

$$\begin{aligned}C_1V_1 &= C_2V_2 \\500 \times V_1 &= 10 \times 100 \\V_1 &= \frac{10 \times 100}{500} \\V_1 &= 2 \quad \text{มล.}\end{aligned}$$

◇ นั่นคือใช้ stock solution จำนวน 2 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มล. ในขวดวัดปริมาตรจะได้สารละลายเหล็กเข้มข้น 10 ppm

◇ ความเข้มข้นของสารละลายเหล็กที่ความเข้มข้นต่างๆ สามารถคำนวณและเตรียมได้แบบเดียวกัน

**สรุปปริมาตรของ stock solution ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายดังตาราง**

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาตรของ stock solution ที่ต้องใช้เตรียมเป็น 100 มิลลิลิตร
10	2
20	4
30	6
40	8
50	10

## 7. การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

ในการทดลองบางอย่างจำเป็นต้องควบคุมสภาพความเป็นกรดและเบสของสารละลาย ด้วยจึงจะทำให้การทดลองได้ผลดี การควบคุม pH ของสารละลายทำได้โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ สารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ต้องไม่เกิดปฏิกิริยาหรือรบกวนปฏิกิริยาที่ต้องการวิเคราะห์ การเลือกสารเคมี เพื่อเตรียมเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ควรเป็นเกลือของกรดอ่อนกับกรดอ่อนที่มีค่า  $pK_a$  ใกล้เคียงกับ pH ที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้ได้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มี maximum buffer capacity การคำนวณหาปริมาณของเกลือของกรดอ่อนกับกรดอ่อน หรือเกลือของเบสอ่อนกับเบสอ่อน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\log \frac{[\text{NaA}]}{[\text{HA}]} = \text{pH} - \text{p}K_a \quad \text{—————} \quad 3.4$$

$$\text{หรือ} \quad \log \frac{[\text{NaA}]}{[\text{B}]} = \text{pOH} - \text{p}K_b \quad \text{—————} \quad 3.5$$

NaA คือ เกลือของกรดอ่อน

HA คือ กรดอ่อน

BH<sup>+</sup> คือ เกลือของเบสอ่อน

B คือ เบสอ่อน



**ตัวอย่าง 18** จงหาปริมาณของกรดทาลิก ( $C_8H_6O_4$ ) และเกลือโพแทสเซียมทาลิเกต ( $KHC_8H_4O_4$ ) ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH = 2.5 จำนวน 500 มล. โดยให้ความเข้มข้นของกรดเท่ากับ 1 โมลาร์

**วิธีทำ**

$$\begin{aligned} \log \frac{[KHC_8H_4O_4]}{[C_8H_6O_4]} &= 2.5 - 2.86 \\ &= -0.39 \\ \frac{[KHC_8H_4O_4]}{[C_8H_6O_4]} &= 20.407 \\ [C_8H_6O_4] &= 1 \quad \text{โมลาร์} \\ [KHC_8H_4O_4] &= 0.407 \quad \text{โมลาร์} \end{aligned}$$

★ ต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ปริมาตร 500 มล.

$$\begin{aligned} \text{แสดงว่าต้องใช้ } [C_8H_6O_4] &= 1 \times \frac{500}{1,000} \quad \text{โมล} \\ &= 0.5 \times 166.14 \quad \text{กรัม} \\ &= 83.07 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้องใช้ } [KHC_8H_4O_4] &= \frac{0.407 \times 500}{1,000} \\ &= 0.203 \times 204.22 \quad \text{กรัม} \\ &= 41.70 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

★ ดังนั้น วิธีการเตรียมทำได้โดยใช้กรดทาลิกหนัก 83.07 กรัม ผสมกับเกลือโพแทสเซียมทาลิเกตมาละลายน้ำกลั่นแล้วทำให้มีปริมาตร 500 มล. ในขวดวัดปริมาตรจะได้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH = 2.5 พอดี

**ตัวอย่าง 19** ต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี  $\text{pH} = 10$  จำนวน 100 มล. โดยให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียเท่ากับ 1 โมลาร์ ( $K_{\text{bNH}_3} = 1.8 \times 10^{-5}$ )

**วิธีทำ**

$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 10$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-4}$$

$$\log \frac{[\text{NH}_4\text{Cl}]}{[\text{NH}_3]} = \text{pOH} - \text{p}K_{\text{b}}$$

$$\log \frac{[\text{NH}_4\text{Cl}]}{[\text{NH}_3]} = \frac{K_{\text{b}}}{[\text{OH}^-]}$$

$$= \frac{1.8 \times 10^{-5}}{10^{-4}}$$

$$= 0.18$$

★ ถ้าต้องการเตรียมให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย = 1.0 โมลาร์

∴ ความเข้มข้นของ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  = 0.18 โมลาร์

★ ถ้าต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ปริมาตร 100 มล.

∴ แสดงว่าต้องใช้  $[\text{NH}_3] = 1 \times \frac{100}{1,000}$  โมล

= 0.1 x 17 กรัม

= 1.7 กรัม

(น้ำหนักโมเลกุล  $\text{NH}_3 = 17$ )

★ แอมโมเนียเข้มข้นจากโรงงานมีความบริสุทธิ์ 27 %

$$\begin{aligned} \therefore \text{แสดงว่าต้องใช้แอมโมเนียเข้มข้น} &= \frac{1.7 \times 100}{1,000} \\ &= 6.3 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

★ ความหนาแน่นของแอมโมเนียเข้มข้นจากโรงงาน = 0.90

$$\begin{aligned} \therefore \text{แสดงว่าต้องใช้แอมโมเนียเข้มข้น} &= \frac{6.3}{0.90} \\ &= 7.0 \quad \text{มล.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \star \text{NH}_4\text{Cl} \text{ ที่ต้องใช้เตรียมเป็นสารละลาย 100 มล.} &= \frac{0.18 \times 100}{1,000} \quad \text{โมล} \\ &= 1.8 \times 10^{-2} \quad \text{โมล} \\ &= 1.8 \times 10^{-2} \times 53.5 \quad \text{กรัม} \\ \text{(น้ำหนักโมเลกุล NH}_4\text{Cl} = 53.55) &= 0.96 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

★ ดังนั้น วิธีการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH = 10 ทำได้โดยใช้แอมโมเนียเข้มข้น 7.0 มล. ผสมกับ NH<sub>4</sub>Cl หนัก 1.7 กรัม ละลายน้ำกลั่นแล้วทำให้มีปริมาตร 100 มล. ในขวดวัดปริมาตร

**ตัวอย่างสารละลายบัฟเฟอร์ชนิดต่างๆ**

pH ประมาณ ที่ 25° ซ	วิธีเตรียม
2.2	ละลายกรดพทาสิก [C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (COOH) <sub>2</sub> ] 166.14 กรัม และโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) 7.49 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
3.0	ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต 10.21 กรัม และ 0.10 M ไฮโดรคลอริก (HCl) 223 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
4.0	ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) 204.22 กรัม และโพแทสเซียมพทาเลต (K <sub>2</sub> C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ) 7.49 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
4.0	ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต 10.21 กรัม และ 0.10 M ไฮโดรคลอริก (HCl) 1 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
5.0	ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต 10.21 กรัม และ 0.10 M NaOH 226 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
5.9	ละลายโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) 156.01 กรัม และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O) 13.13 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
6.0	ละลาย potassium phosphate monobasic 6.81 กรัม และ 0.10 M NaOH 56 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
7.0	ละลายโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O) 156.01 กรัม และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O) 165.29 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
7.0	ละลาย potassium phosphate monobasic 6.81 กรัม และ 0.10 M NaOH 291 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร

ต่อ

8.0	ละลาย potassium phosphate monobasic 6.81 กรัม และ 0.10 M NaOH 467 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
9.0	ละลาย sodium tetraborate 4.77 กรัม และ 0.10 M HCl 46 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
10.0	ละลาย sodium tetraborate 4.77 กรัม และ 0.10 M NaOH 183 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
11.0	ละลายกรดซิตริก (Citric acid) 6.008 กรัม โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต 3.893 กรัม กรดบอริก 1.769 กรัม และกรดไดเอทิลบาร์บิทูริก (Diethylbabituria acid) 5.266 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร นำสารละลายนี้ 100 มล. ผสมกับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2 โมลาร์ จำนวน 86 มล. (สารละลายบัฟเฟอร์นี้เรียกว่าสารละลายยูนิ-เวอร์ซัลบัฟเฟอร์ เมื่อเติมปริมาณของ NaOH ต่างๆ กันจะได้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH ต่างๆ กันได้)
11.0	ละลาย sodium bicarbonate 2.10 กรัม และ 0.10 M NaOH 227 มล. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร

CM 337