

สารเคมีและการเตรียมสารละลาย

บทที่ 3

สารเคมี และการเตรียมสารละลาย

สารเคมี หมายถึงสารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ทราบน้ำหนักสูตรโมเลกุลที่แน่นอนและมีความบริสุทธิ์เพียงพอที่ใช้กับงานวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำการทดสอบการวัดและการตรวจสอบค่าต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สารเคมีที่ใช้สำหรับการทดลองทั่วไป

สารเคมีประเภทนี้ใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการ ยังแบ่งคุณภาพได้อีกตามความบริสุทธิ์ของสารเคมี คือ

ก. เกรดทางการค้า (Technical or Commercial grade) เป็นสารเคมีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ปกติจะไม่บอกรายละเอียดของสิ่งเจือปน หรือเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารไว้ จัดเป็นสารเคมีเกรดต่ำสามารถใช้ได้ดีกับงานทดลองบางอย่าง เช่น งานทดลองที่ต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยไม่สนใจปริมาณที่วิเคราะห์ได้ สารเคมีชนิดนี้มีราคาถูก และสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้โดยใช้วิธีที่เหมาะสม เช่น การระเหย, การตกผลึก เป็นต้น

ข. สารเคมีเกรดปฏิบัติการ (Laboratory Reagent or Lab grade) เป็นสารเคมีที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่า 95% มีสิ่งเจือปนมากกว่าเกรดงานวิเคราะห์ ราคาแพงกว่าเกรดทางการค้า ถ้าสิ่งเจือปนอยู่ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์สามารถใช้สารเคมีชนิดนี้แทนเกรดงานวิเคราะห์ได้ สารเคมีชนิดนี้ยังแบ่งได้อีกหลายระดับตามคุณภาพของบริษัทผู้ผลิต เช่น USP grade เป็นสารเคมีที่ผลิตให้ได้มาตรฐานตาม United State Pharmacopia และ CP grade เป็นสารเคมีที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าเกรดการค้า แต่ไม่ได้กำหนดปริมาณของมลทินไว้แน่นอน เป็นสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไปได้โดยไม่สามารถใช้กับงานวิเคราะห์หาปริมาณสาร นอกจากนี้สารเคมีที่มีคุณภาพสูงกว่า หรือได้ตามมาตรฐานที่ต้องการทางอาหารหรือมาตรฐานที่กำหนด เช่น National Formulary (N.F) ของสหรัฐอเมริกาจัดอยู่ในพวกเกรดปฏิบัติการเช่นกัน

ค. สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ (Analytical reagents AR grade, or reagent grade) มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงกว่าเกรดปฏิบัติการ โดยทั่วไปสูงกว่า 99% มีมลทินน้อยมาก และมีการกำหนดปริมาณของมลทินไว้ด้วย เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์กับมลทินจะต้องอยู่ในมาตร-

ฐานที่ได้กำหนดไว้สำหรับสารเคมีเกรดนี้ สารเคมีเกรดนี้จัดเป็นเกรดสูงมีราคาแพงไม่เหมาะที่จะใช้
ในงานการทดลองทั่วไป จะใช้ในงานวิเคราะห์ทางปริมาณที่ความบริสุทธิ์และปริมาณสิ่งเจือปนมีผล
ต่อการทดลอง โดยปกติสารเคมีประเภทนี้จะใช้เตรียมเป็นสารละลายมาตรฐานได้ดีที่สุด

2. สารเคมีสำหรับการวิจัย หรือการทดลองเฉพาะอย่าง

สารเคมีประเภทนี้มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูงมาก และมีราคาแพงมากใช้สำหรับงาน
วิจัยหรือการทดลองเฉพาะอย่างตามวัตถุประสงค์ที่ผลิตสารนั้นขึ้นมา โดยจะมีเกรดระบุไว้ที่ฉลาก
สารเคมี ตัวอย่างเช่น

- Spectrophotometric grade เป็นสารเคมีที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการใช้งานทางด้าน
สเปกโตรโฟโตเมตรี เช่น Atomic Absorption Spectrophotometry, NMR-Spectroscopy, UV-Visible
และ IR-Spectroscopy

- Research grade สำหรับงานวิจัยทั่ว ๆ ไป

- Scintillation grade ใช้สำหรับงานทางด้านกัมมันตภาพรังสี

- Pesticide grade ใช้กับงานวิจัยทางด้านยาฆ่าแมลงและยาปราบวัชพืช

- Chromatographic grade เป็นสารเคมีสำหรับ Gas Chromatography และ Liquid
Chromatography

การตรวจสอบสารเคมีก่อนนำมาใช้

สารเคมีที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ จะเป็นสารเคมีที่มาจากบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัท
สารบางชนิดบรรจุในภาชนะที่เป็นขวดพลาสติก บางชนิดบรรจุในขวดแก้ว ในการหยิบมา
ใช้ควรตรวจสอบจากการอ่านฉลากสารเคมีที่ติดอยู่ข้างขวดให้ดีเสียก่อน เพื่อป้องกันความ
ผิดพลาดและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าหยิบสารเคมีมาใช้ผิด โดยปกติฉลากสารเคมีที่ติดอยู่ข้างขวด
จะระบุรายละเอียดต่อไปนี้

1. บริษัทผู้ผลิต เช่น AJAX, BDH, MAY & BAKER.

2. ชื่อสารเคมี ถ้าบริษัทผู้ผลิตเป็นบริษัทในประเทศอังกฤษ หรืออเมริกา ชื่อสารเคมี
จะเป็นภาษาอังกฤษ แต่ถ้าเป็นบริษัทในประเทศเยอรมันชื่อสารเคมีจะเป็นภาษาเยอรมัน

3. ปริมาณสารที่บรรจุ ถ้าเป็นของแข็งจะบอกน้ำหนักไว้เป็น ปอนด์, กรัม หรือ
กิโลกรัม ถ้าเป็นของเหลวจะบอกปริมาตรไว้เป็นลิตร

4. เกรด สารเคมีทุกขวดต้องบอกเกรดของสารเคมีเอาไว้ด้วย ถ้าเขียนไว้เป็น Analar, GR, AR, หรือ RG หมายถึงสารเคมีที่มีอยู่ในพวก AR grade คือใช้กับงานวิเคราะห์หาปริมาณสาร แต่ถ้าเขียนไว้เป็น Laboratory reagent, chem. pure, purum หรือ C.P. หมายถึง สารเคมีพวก Lab grade คือใช้กับการปฏิบัติการทดลองทั่วไป
5. สูตรโมเลกุล ฉลากที่ติดข้างขวดสารเคมีแต่ละชนิดต้องบอกสูตรโมเลกุลของสาร พร้อมทั้งน้ำหนักโมเลกุลในบางครั้งอาจจะบอกสูตรโครงสร้างไว้ด้วย
6. ความบริสุทธิ์ (Assay) การบอกความบริสุทธิ์ของสารเคมีจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก (w/w) และนอกจากนี้อาจบอกเปอร์เซ็นต์ของมลทินที่มีปนอยู่แต่ละตัวอีกด้วย
7. จุดหลอมเหลว, จุดเดือด สารเคมีจำพวกสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์บางชนิดจะบอกจุดหลอมเหลวหรือจุดเดือด
8. ความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่นสารเคมีที่เป็นของเหลวต้องบอกความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่น
9. ดัชนีหักเหแสง (Refractive index)
10. Catalog number และ Lot No.
11. หากเป็นสารเคมีที่มีอันตราย จะมีคำเตือนหรือแสดงเป็นสัญลักษณ์ที่ทราบกันดี เพราะเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นสากล เช่น สัญลักษณ์ที่เป็นรูปหัวกระโหลก หมายถึงสารเคมีที่เป็นพิษ, เป็นรูปเปลวไฟลุก หมายถึงสารเคมีที่ติดไฟง่าย เป็นต้น

ตัวอย่างฉลากสารเคมี

<p>Cobalt(II) chlorid extra pure</p> <p>Cloruro de Cobalto(II) purissimo</p> <p>Chlorure de Cobalt(II) très pur</p> <p>Cloruro di Cobalto(II) puriss.</p> <p>Cloruro de Cobalto(II) puriss.</p> <p>Mol.-Gew. 237,93</p>	<p>Geenindustriechemisch Hemato N-est N-oxo Sulfochromatige Schmelze</p> <p>abschrecken zu hochtemperatur, besonders bei hohen Temperaturen</p> <p>Stabilität: stabil gegen Luft, Wasser, Säuren, Alkohole</p> <p>Verpackung: 1000g, 500g, 250g, 100g, 50g, 25g, 10g, 5g, 2g, 1g</p> <p>Substanzklasse: anorganisch</p>	<p>9633333</p> <p>250 g Art. 2533</p> <p>Kobalt(II)-chlorid reinst</p> <p>Co Cl₂ · 6 H₂O</p> <p>MERCK</p> <p>Gesundheitsschädlich, besonders beim Verschlucken.</p>	<p>Typanalyse</p> <p>Cobalt an Co Cl₂ · 6 H₂O (chelometrisch) 99%</p> <p>Sulfat (SO₄) 0,01%</p> <p>Blei (Pb) 0,002%</p> <p>Nickel (Ni) 0,15%</p> <p>Eisen (Fe) 0,01%</p> <p>Zink (Zn) 0,05%</p> <p>Durch Ammoniumsulfid nicht fällbare Anteile (als Sulfat) 0,3%</p> <p>Die angegebenen Analysendaten sind keine Garantiezahlen</p> <p><i>E. Merck</i> E. Merck, Darmstadt</p>
--	---	--	--

<p>Xylonorange tetrasodium salt (95M) indicator</p> <p>Anaranjado de xilenol sal tetrasódico indicador para valores metálicos</p> <p>Orange de xylonor, sel tetrasodique indicateur pour le titrage de métaux</p>	<p>Art. 8677</p> <p>Xylonororange Tetranatriumsalz</p> <p><i>E. Merck</i> E. Merck, Darmstadt</p>	<p>117</p>
---	--	------------

<p>Schwefelsäure zur Analyse</p> <p>Sulfuric acid GR Causes severe burns.</p> <p>Acide sulfurique p. a. Provoque de graves brûlures.</p> <p>Acido solforico p. a. Provoca gravi ustioni.</p> <p>Svovlsyre p. a. Ålvorlig sättningsfare.</p> <p>Zwavelzuur p. a. Veroorzaakt ernstige brandwonden.</p> <p>Acido sulfurico p. a. Provoca quemaduras graves.</p> <p>Acido sulfurico p. a. Provoca quemaduras graves.</p> <p>M = 98,08 g/mol d = 1,84 kg</p>	<p>251 1204063</p> <p>pro analysi</p> <p>Art. 731</p> <p>Schwefelsäure 95-97% (etwa 1,84) zur Analyse</p> <p>H₂SO₄</p> <p>MERCK</p> <p>E. Merck, Darmstadt</p> <p>Verursacht schwere Verätzungen</p> <p>Sicherheitsratschläge Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen. Bei Berührung mit den Augen gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren. Niemals Wasser hinzugeben</p>	<p>Garantieschein</p> <table border="1"> <tr><td>Gehalt H₂SO₄</td><td>95-97%</td></tr> <tr><td>Chlorid (Cl)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Natrium (Na)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Phosphor (P)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Kalium (K)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Eisen (Fe)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Zink (Zn)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Ammonium (NH₄)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Arten (As)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Antimon (Sb)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Wasser</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Fluorid (F)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Chlorid (Cl)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> <tr><td>Phosphor (P)</td><td>max. 0,0005%</td></tr> </table> <p>Der Aufforderung kein Licht einwirken, die Säure soll bei Gefährdung der Gesundheit verschluckt werden.</p> <p><i>E. Merck</i> E. Merck, Darmstadt</p>	Gehalt H ₂ SO ₄	95-97%	Chlorid (Cl)	max. 0,0005%	Natrium (Na)	max. 0,0005%	Phosphor (P)	max. 0,0005%	Kalium (K)	max. 0,0005%	Eisen (Fe)	max. 0,0005%	Zink (Zn)	max. 0,0005%	Ammonium (NH ₄)	max. 0,0005%	Arten (As)	max. 0,0005%	Antimon (Sb)	max. 0,0005%	Wasser	max. 0,0005%	Fluorid (F)	max. 0,0005%	Chlorid (Cl)	max. 0,0005%	Phosphor (P)	max. 0,0005%	<p>Keep out of reach of children. In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice. Never add water to this product.</p> <p>Conserver hors de la portée des enfants. En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste. Ne jamais verser de l'eau dans ce produit.</p> <p>Conservare fuori della portata dei bambini. In caso di contatto con gli occhi lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare un medico. Non versare acqua sul prodotto.</p> <p>Opbevar væk af børns rækkevidde. I tilfælde af stof i øjnene skyl straks grundigt med vand, og søg læge. Hæld aldrig vand på denne vare.</p> <p>Buiten bereik van kinderen bewaren. Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspülen en deskundig medisch advies inwinnen. Nooit water op deze stof gieten.</p> <p>Muyetok farlıg vef inandırma, kontak med hud och ögon och vid förtärning. Starkt förtärlig (även Angorm). Vid stark i ögonen skölj omedelbart med mycket vatten och kontakta läkare. Använd personlig skyddsutrustning. Hållna och öppna flaskorna försiktigt. Sprutrisk. Vid spridning håll alltid syran i väntet, aldrig tvätta.</p>
Gehalt H ₂ SO ₄	95-97%																														
Chlorid (Cl)	max. 0,0005%																														
Natrium (Na)	max. 0,0005%																														
Phosphor (P)	max. 0,0005%																														
Kalium (K)	max. 0,0005%																														
Eisen (Fe)	max. 0,0005%																														
Zink (Zn)	max. 0,0005%																														
Ammonium (NH ₄)	max. 0,0005%																														
Arten (As)	max. 0,0005%																														
Antimon (Sb)	max. 0,0005%																														
Wasser	max. 0,0005%																														
Fluorid (F)	max. 0,0005%																														
Chlorid (Cl)	max. 0,0005%																														
Phosphor (P)	max. 0,0005%																														



RIEDEL-DE HAEN AG
SEEBLIZE HANNOVER



Benzol

für Analyse, Reag. DAB 7 (R 80)

Benzene R G

Benzène

Benzeno

Benzen

Benzeno

2.5L

7R20524

32212

32212

1 L = 0,88 kg

Gehalt (GC) min. 99,5 %

Erstarrungspunkt min. +5,2 °C

Siedebereich 79-81 °C

Dichte (D 20/4) 0,878-0,880

Brechungsindex (n 20/D) 1,5000-1,5020

max.

Nichtflüchtiges 0,051 %

Wasser (nach Karl Fischer) 0,05 %

Thiophen (C₄H₄S) 0,0005 %

Andere Schwefel-

verbindungen (als S) 0,0005 %

C₆H₆

Mol.-Gew. 78,11

Conservare ce produit sous cle, hors de la portée des enfants. Tenir le récipient hermétiquement fermé et dans un endroit bien ventilé. Ne pas manger et ne pas fumer pendant l'utilisation. Ne pas rejeter les résidus à l'égout. Prendre des mesures contre les décharges électrostatiques. Tenir à l'écart de la chaleur, des flammes et des étincelles. Éviter immédiatement tout vêtement souillé. Lors de l'utilisation bien ventiler le local ou le protéger au moyen d'un masque efficace. En cas de malaise faire appeler au médecin et lui montrer cette étiquette.

Conservare questo prodotto rinchiuso sotto chiave fuori dalla portata dei bambini. Mantenere il recipiente ermeticamente chiuso e in luogo ben ventilato. Non fumare e non mangiare durante l'impiego. Non gettare i residui negli scarichi. Adottare provvedimenti contro le scariche elettrostatiche. Tenere lontano dal calore, dalle fiamme e dalle scintille. Tagliarsi il dosso immediatamente gli indumenti imbrattati. Ventilare il locale e proteggersi con una maschera efficace durante l'impiego. In caso di malessere ricorrere al medico mostrandogli questa etichetta.

Achtar slet bewaren, buiten bereik van kinderen. In hermetisch gesloten verpakking op een goed geventileerde plaats bewaren. Niet eten en niet roken onder het werk. Afval niet in de gootsteen werpen. Maatregelen nemen tegen elektrostatische ontladingen. Verwijderd houden van warmte, open vuur of vonken. Vullie kleding voorzichtig uitruken. Gedurende het werk zorgen voor een goede ventilatie van de werkplaats of een doeltmatig masker dragen. Raadpleeg de dokter als men zich onwel voelt en laat hem dit etiket zien.

Skal opbevares sikket ubgængeligt for børn. Emballagen skal holdes hermetisk lukket og opbevares på et godt ventileret sted. Der må ikke spises eller ryges under arbejdet. Affald må ikke smides i kloakken. Der skal tagtes forholdsregler mod elektrostatiske udladninger. Må ikke opbevares i nærheden af varme, åben ild og gnister. Tilrudepset tøj leges straks af. Der ventileres godt eller bæres en effektiv maske. I tilfælde af ubehagende tilstande anræge som forevises denne påskrift.

tri-Potassium citrate

K₃C₆H₅O₇·H₂O = 324.41

Assay (ex K)	99 to 101%
<i>Maximum limits of impurities</i>	
Chloride (Cl)	0.02%
Acidity or alkalinity	1 ml N/1%
Sodium (Na)	0.1%
Sulphate (SO ₄)	0.02%

Product No. 29599

IMPORTANT: No liability accepted for accidents in the laboratory or at

BDH Chemicals Ltd Poole England

Spectrosol[®]

BDH Chemicals Ltd Poole England

Nickel nitrate

standard solution

For atomic absorption spectroscopy

1 ml $\hat{=}$ 1.00 mg Ni $\hat{=}$ 17.0 mmol/l

To prevent hydrolysis and mould growth the material is prepared with approximately nitric acid N

Prod **14147**

75207758 500ml

Catalogue No. JMC 316

Laboratory No.

grammes

Holmium oxide

Ho₂O₃

การหยิบสารเคมีไปใช้ควรตรวจดูที่ฉลากของสารเคมีตามหัวข้อต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ การตรวจสอบดูจะทำให้การหยิบสารเคมีที่มีเกรด และคุณภาพตามที่ต้องการใช้งาน เช่น ถ้าการปฏิบัติการทดลองจำเป็นต้องใช้สารเคมีชนิด AR grade แต่หยิบชนิด Lab grade มาใช้อาจทำให้ผลการทดลองได้ผลดีไม่เท่าที่ควร

ข้อควรระวังในการใช้สารเคมี

1. การนำสารเคมีมาใช้

โดยปกติการทำทดลองจำเป็นต้องนำสารเคมีที่มีอยู่มาเตรียมเป็นสารละลาย เพื่อใช้ในการทดลองทุกครั้ง ในการเตรียมสารละลายแต่ละชนิดต้องมีการศึกษาถึงคุณสมบัติของสารเคมีชนิดนั้น ๆ ให้ละเอียดก่อนนำมาใช้ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ และต้องศึกษาถึงเทคนิควิธีการเตรียมสารละลาย สารเคมีบางอย่างสามารถเตรียมเป็นสารละลายได้โดยวิธีง่าย ๆ แต่บางอย่างต้องอาศัยเทคนิคของการละลายมาใช้ ตัวอย่างที่ควรระมัดระวังในการนำสารเคมีมาใช้เตรียมเป็นสารละลาย ได้แก่

1.1 การเตรียมสารละลายเจือจางของกรดต่าง ๆ วิธีเตรียมควรใช้กรดที่เข้มข้นหลงในน้ำอย่างช้า ๆ กรดบางชนิดเมื่อผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาที่ให้ความร้อน (exothermic reaction) ถ้าเทน้ำลงในกรดปฏิกิริยาอาจเกิดขึ้นอย่างรุนแรงได้เช่น กรดซัลฟูริกเข้มข้น จึงห้ามเทน้ำลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้นโดยเด็ดขาด

1.2 กรดอะซีติก เมื่อรวมกับกรดไนตริกเข้มข้น อาจเกิดระเบิดขึ้นได้ดังนั้นไม่ควรผสมกรดไนตริกเข้มข้นกับกรดอะซีติก

1.3 กรดซัลฟูริก สามารถใช้ละลายโลหะได้ แต่ถ้าเติมกรดซัลฟูริกลงไปละลายโลหะมากเกินไปจะเกิดกาซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งเป็นอันตรายมาก

1.4 กรดไนตริก เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง ดังนั้นจึงสามารถละลายโลหะและสารประกอบของโลหะได้หลายตัว แต่มีข้อเสียคือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นจะให้กาซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งเป็นกาซพิษ ดังนั้นในการเตรียมสารละลายของโลหะที่ต้องใช้กรดไนตริกเป็นตัวทำละลาย ควรทำในตู้ควัน

1.5 แกลลิอเปอร์คลอเรตของโลหะต่าง ๆ ถ้าใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ อาจเกิดปฏิกิริยาและมีการระเบิดอย่างรุนแรงขึ้นได้ ดังนั้นการเตรียมสารละลายแกลลิอเปอร์คลอเรตควรใช้ตัวทำละลายเป็นสารอนินทรีย์

1.6 โปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นตัวออกซิไดซ์ที่ค่อนข้างแรง เมื่อผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น อาจเกิดระเบิดอย่างรุนแรงได้

1.7 การทดลองใด ๆ ที่ทำให้เกิดคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ควรทำในตู้ควันที่สามารถดูดควันได้อย่างดี เพราะก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นพิษ

1.8 เกลือของไซยาไนด์ เช่น NaCN หรือ KCN เมื่ออยู่ในสารละลายของกรดจะทำให้เกิดก๊าซ HCN ซึ่งเป็นพิษมาก ดังนั้นควรระมัดระวังเป็นพิเศษในการทดลองที่จำเป็นต้องใช้เกลือไซยาไนด์ ต้องพยายามรักษาสภาพของสารละลายไม่ให้มีฤทธิ์เป็นกรด ต้องทำในสภาพที่สารละลายมีฤทธิ์เป็นเบสเสมอ

2. การเก็บรักษาสารเคมี

สารเคมีมีมากมายหลายชนิด และแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป การเก็บรักษาจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติของสารเคมีชนิดนั้น ๆ ไว้ด้วย บางชนิดอาจก่อให้เกิดอันตรายได้หลายอย่าง สถานที่เก็บจำเป็นต้องมีอากาศถ่ายเทได้ดี เป็นสถานที่เย็นและมีบริเวณมิดชิดห่างจากบริเวณอื่น ๆ มาก ๆ เพื่อความปลอดภัย มีชั้นวางและเก็บให้เป็นระเบียบ มีอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย เช่น เครื่องดับเพลิง, อ่างน้ำ และอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายสารเคมี มีวิธีและอุปกรณ์การปฐมพยาบาลสำหรับผู้ได้รับอันตราย ดังนั้นการเก็บรักษาจำเป็นต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

2.1 ความปลอดภัย ควรแยกเก็บสารเคมีไวไฟไว้ในที่ปลอดภัย ระวังเรื่องความร้อน ไฟ และไฟฟ้า สารเคมีที่เกิดปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ เช่น โลหะอัลคาไล โลหะไฮไดรด์ ต้องเก็บไว้ในบริเวณที่ห่างจากน้ำ ไม่เก็บสารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดซ์, ตัวไวไฟ และสารเคมีที่ระเบิดได้ในสถานที่เดียวกัน สารบางชนิดถ้าอยู่ใกล้กันอาจทำปฏิกิริยาทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ตัวอย่างสารที่ไม่ควรเก็บไว้ใกล้กัน เช่น

- กรดอะซิติก ควรเก็บให้ห่างจากกรดโครมิก, กรดไนตริก, สารประกอบไฮดรอกซิล, เอธิลีนไกลคอล, กรดเปอร์คลอริก, เปอร์ออกไซด์ และเปอร์แมงกาเนต เป็นต้น

- แอมโมเนียมไนเตรด ควรเก็บให้ห่างจากกรด, ผงโลหะเกลือคลอเรต, ไนเตรด, กำมะถัน และสารเคมีที่ติดไฟง่าย

- โปตัสเซียม ควรเก็บให้ห่างจากคาร์บอนเตตระคลอไรด์, คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

- กรดซัลฟูริก ควรเก็บให้ห่างจาก โปตัสเซียมคลอไรด์, โปตัสเซียมเปอร์คลอไรด์ และโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต

2.2 การรักษาคุณภาพสารเคมี การเก็บรักษาสารเคมีถ้าเก็บไม่ดีจะทำให้สารเคมีเสื่อมสภาพได้ สารบางอย่างต้องเก็บไว้ในที่เย็น บางอย่างต้องเก็บในขวดสีชา สารที่ดูดความชื้นง่ายควรเก็บไว้ในโถอบ สารเคมีบางชนิดสามารถเสื่อมสภาพถ้าการเก็บทิ้งไว้นาน ๆ ถึงแม้จะเก็บไว้ได้อย่างดีก็ตาม เช่น สารประกอบอีเธอร์พวก diethyl ether, di-isopropyl ether และ dioxane และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนพวก cyclohexane, tetrahydronaphthalene เป็นต้น

ข้อควรปฏิบัติในการเตรียมสารละลายจากสารเคมี

สารเคมีทุกชนิดจัดไว้ว่ามีราคาแพง และบางชนิดเป็นอันตรายมาก ดังนั้นในการหยิบสารเคมีมาใช้ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ การนำมาใช้ควรใช้อย่างประหยัด ข้อปฏิบัติที่ถูกต้องในการเตรียมสารละลายเคมีเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1. อ่านฉลากข้างขวดสารเคมีที่จะนำมาใช้ให้ถูกต้องตามที่ต้องการ
2. ต้องใช้ช้อนที่สะอาดและแห้งตักสารเคมีออกจากขวด
3. ไม่ควรเอาสารเคมีออกจากขวดมากเกินไปเกินความต้องการ
4. สารเคมีที่นำออกจากขวดแล้วต้องไม่เทกลับคืนเมื่อเหลือใช้ เพราะสารนั้นอาจเปลี่ยนสภาพจากเดิมไปเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ เช่น ถ้าสารนั้นถูกความชื้นจะทำให้มีลักษณะเยิ้มเหลวหรือเปลี่ยนสีไปจากเดิม หรืออาจจะมีฝุ่นผงและสิ่งเจือปนอื่นตกลงไปในสารเคมีที่ตั้งทิ้งไว้นั้นก็ได้ ดังนั้นถ้าเทกลับคืนในขวดจะทำให้สารนั้นใช้ไม่ได้ทั้งขวด
5. ไม่ควรเปิดขวดสารเคมีตั้งทิ้งไว้นาน ๆ ควรปิดทันทีหลังจากที่ตักสารที่ต้องการออกมาแล้ว
6. ถ้าสารเคมีที่ต้องการนำมาใช้เป็นของเหลว ห้ามใช้ปิเปตจุ่มลงไปในขวดสารเคมีโดยเด็ดขาด เพราะปิเปตอาจไม่สะอาดพอจะทำให้สารเคมีทั้งขวดถูกเปื้อน (contaminate) ควรเทสารเคมีที่เป็นของเหลวใส่บีกเกอร์สักเล็กน้อยพอที่ที่ต้องการใช้แล้วใช้ปิเปตดูดสารละลายจากบีกเกอร์อีกครั้งหนึ่ง
7. สารเคมีที่เตรียมเสร็จแล้ว ควรบรรจุในขวดเก็บสารเคมีพร้อมทั้งติดฉลากให้เรียบร้อย บอกชื่อสาร, ความเข้มข้น, วันที่เตรียมสารละลายและชื่อผู้เตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลาย

สารเคมีทั้งที่เป็นของแข็ง (Solid) และของเหลว (liquid) การที่จะนำสารเคมีมาเตรียมเป็นสารละลายเจือจางทำได้โดยการคำนวณหาน้ำหนัก หรือปริมาตรของสารเคมีที่ต้องการใช้เสียก่อน แล้วนำไปชั่งหรือวัดปริมาตรให้ได้ตามที่ต้องการ หลังจากนั้นนำมาละลายหรือเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรตามที่ต้องการเช่นกัน การนำสารเคมีที่เป็นของแข็งมาชั่งหรือการวัดปริมาตรของสารเคมีของเหลว ต้องปฏิบัติตามข้อควรปฏิบัติในการเตรียมสารละลายที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

การเตรียมสารละลายเคมีสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นอย่างประมาณ

วิธีนี้จะใช้การชั่งสารเคมีของแข็งหรือวัดปริมาตรของสารเคมีของเหลวอย่างประมาณ โดยเครื่องชั่งหยาบหรือกระบอกตวงแล้วนำมาละลายหรือเจือจางด้วยน้ำกลั่น วิธีนี้ใช้สำหรับเตรียมสารละลายเคมีที่ต้องใช้ในการทดลองโดยที่สารเคมีนี้ไม่เป็นตัวที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาที่ต้องใช้คำนวณหาปริมาณ ตัวอย่างเช่น การเติม 20% NaOH เพื่อละลาย As_2O_3 สารละลาย 20% NaOH ไม่จำเป็นต้องเตรียมอย่างถูกต้องโดยใช้เครื่องไฟฟ้า สามารถเตรียมได้อย่างหยาบ ๆ โดยใช้เครื่องชั่งหยาบ ถ้าต้องการนำสารละลายที่เตรียมได้นี้ไปใช้โดยจำเป็นต้องทราบความเข้มข้นที่แน่นอนเพราะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาและต้องใช้ในการคำนวณ สามารถทำได้โดยทำการหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardize) กับสารละลายปฐมภูมิ (Primary standard solution)

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นถูกต้อง

วิธีนี้ต้องชั่งสารเคมีของแข็งอย่างละเอียดด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า หรือวัดปริมาตรของสารเคมีของเหลวด้วยปิเปต แล้วละลายหรือเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการโดยใช้ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ที่มีขนาดต่าง ๆ กัน

การชั่งสารเคมีของแข็งให้น้ำหนักละเอียดเพื่อนำมาเตรียมเป็นสารละลายสามารถทำได้ 2 แบบ คือ

ก. เมื่อคำนวณน้ำหนักของสารเคมีได้แล้ว ให้พยายามชั่งน้ำหนักสารเคมีให้น้ำหนักเท่ากับที่คำนวณได้ เช่น ถ้าต้องการเตรียมสารละลายปฐมภูมิโปตัสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (KHP) 0.100 M จำนวน 100 มล. ต้องชั่งสาร KHP เท่ากับ 2.0422 กรัม ต้องพยายามชั่งสารเคมีให้น้ำหนัก 2.0422 กรัม แล้วนำมาละลายน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มล. โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

ความเข้มข้นของสารละลาย KHP ที่เตรียมได้จะมีค่าเท่ากับ 0.100 M พอดี วิธีการนี้ไม่ค่อยดีนัก เพราะเวลาในการชั่งนาน จึงทำให้สารเคมีมีโอกาสสัมผัสกับความชื้นในอากาศได้นาน ดังนั้นการเตรียมโดยวิธีนี้จึงไม่นิยมใช้จะใช้วิธีที่ 2 มากกว่า

ข. เมื่อคำนวณน้ำหนักสารเคมีที่ต้องการชั่งได้แล้ว ทำการชั่งสารให้มีน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักที่คำนวณได้ (ไม่ต้องให้เท่ากับที่คำนวณ) แต่ให้น้ำหนักถูกต้องและแน่นอนว่าที่ชั่งได้เป็นเท่าใด ทั้งนี้เพื่อความรวดเร็วในการชั่ง แล้วนำน้ำหนักที่ชั่งได้นี้ไปคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนอีกครั้งหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ต้องการชั่งน้ำหนักของเท่ากับ 2.0422 กรัม แต่เมื่อชั่งจริง ๆ แล้วอาจชั่งน้ำหนักของ KHP ได้เท่ากับ 2.0478 กรัม ก็ได้ หลังจากนั้นให้คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ KHP จากน้ำหนักที่ชั่งได้ เมื่อนำมาเตรียมเป็นสารละลายในขวดวัดปริมาตร 100 มล. วิธีคำนวณทำได้ดังนี้

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

การเตรียมสารละลายเคมีต่าง ๆ ให้มีความเข้มข้นถูกต้องมากที่สุด และมีปริมาตรเหมาะสมกับการใช้งานนั้น ๆ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะความเข้มข้นที่ถูกต้องจะช่วยให้ผลการทดลองมีความผิดพลาดน้อยที่สุด และปริมาตรของสารละลายที่พอเหมาะกับการใช้งานจะช่วยประหยัดสารเคมีได้อย่างดี ผู้ทดลองควรเข้าใจการทดลองเป็นอย่างดีและมีการวางแผนงานมาก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลอง ควรวางแผนเตรียมสารละลายให้มีปริมาตรตามที่ต้องการใช้เท่านั้น ไม่ควรเตรียมสารละลายให้มากเกินไปจนความจำเป็นสำหรับการทดลองหนึ่ง ๆ และควรมีการคำนวณมาก่อนล่วงหน้าว่าต้องใช้สารเคมีจำนวนเท่าใดต่อปริมาตรที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย การคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายมีหลายวิธีแล้วแต่ชนิดความเข้มข้นที่ต้องการ ดังนี้

การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นโมลาร์หรือฟอร์มอล

ถ้าไม่คำนึงถึงการแตกตัวของสารในน้ำที่นำมาเตรียมเป็นสารละลาย การคำนวณความเข้มข้นให้มีหน่วยเป็นโมลาร์และฟอร์มอลจะเหมือนกัน ความเข้มข้นเป็นโมลาร์หมายถึง จำนวนโมลของสารที่มีอยู่ในสารละลาย 1 ลิตร ถ้าต้องการเตรียมสารละลายเข้มข้น 1 โมลาร์ หมายถึงว่าต้องใช้สารเคมีนั้นจำนวน 1 โมล ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร จำนวนสาร 1 โมล คือน้ำหนักโมเลกุล

ของสารนั้นนั่นเอง 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 ดังที่แสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

1. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของแข็ง

ตัวอย่าง 1 จงอธิบายการเตรียมสารละลาย 0.100 M Na_2CO_3 ปริมาตร 2 ลิตร จากของแข็ง Na_2CO_3 ที่บริสุทธิ์

วิธีทำ

จำนวนโมลที่ต้องใช้	= 0.100 x 2	
	= 0.200	โมล
น้ำหนัก Na_2CO_3 ที่ใช้	= mole x M.W.	
	= 0.200 x 106	
	= 21.2	กรัม

นั่นคือเราจะต้องชั่งสารเคมี Na_2CO_3 หนัก 21.2 กรัม มาละลายด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 2 ลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารละลาย Na_2CO_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)

$$\begin{aligned} \text{ถ้าต้องการเตรียม 0.01 M จำนวน 1 ลิตร ใช้ EDTA} &= 372.2 \times 0.01 \\ &= 3.722 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้องการ 500 มล. แสดงว่าต้องใช้ EDTA} &= \frac{3.722 \times 500}{1,000} \\ &= 1.861 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{จำนวน } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ ที่ใช้} &= \frac{0.075 \times 250}{1,000} \quad \text{โมล} \\ &= 0.0188 \quad \text{โมล} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนัก } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ ที่ใช้} &= \text{mole} \times \text{M.W.} \\ &= 0.0188 \times 244 \\ &= 4.57 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

2. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของเหลว สารเคมีที่เป็นของเหลวที่มาจากโรงงานหรือบริษัท จะต้องบอกคุณสมบัติของสารไว้ที่ขวดเสมอ คุณสมบัติของสารที่จำเป็นต้องทราบเพราะต้องใช้ในการคำนวณคือ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ (Assay) ความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นและน้ำหนักโมเลกุล วิธีการคำนวณจะแสดงไว้ในตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง 4 แอมโมเนียเข้มข้นจากโรงงานมีเปอร์เซ็นต์แอมโมเนียเท่ากับ 27% ความถ่วงจำเพาะ 0.90 จงคำนวณว่าต้องใช้แอมโมเนียจากโรงงานจำนวนเท่าไรเพื่อเตรียมเป็นสารละลาย 250 มล. เข้มข้น 6.0 M

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

NH_3 เข้มข้น 6.0 M จำนวน 250 มล. แสดงว่ามีเนื้อสาร NH_3 เท่ากับ

$$= 250 \times 6.0 \times \frac{17}{1,000}$$

$$= 25.5 \quad \text{กรัม}$$

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

แสดงว่า NH_3 27 กรัม จะมาจาก NH_3 เข้มข้น = 100 กรัม

ถ้า NH_3 25.5 กรัม จะมาจาก NH_3 เข้มข้น = $\frac{100 \times 25.5}{27}$ กรัม

$$= 94.44$$

จากความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.90 แสดงว่า

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.

$$= 105 \quad \text{มล.}$$

ต้องนำ NH_3 จากโรงงานมา 105 มล. แล้วทำให้เป็นสารละลายที่มีปริมาตรเท่ากับ 250 มล.

ตัวอย่าง 5 กรดไนตริกเข้มข้นมีฉลากปิดข้างขวดบอกค่าต่าง ๆ ไว้ดังนี้

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

จงคำนวณหาความเข้มข้นของกรดไนตริกเข้มข้นนี้ และถ้าต้องการเตรียมสารละลายของกรดไนตริกให้มีความเข้มข้น 0.1 M จำนวน 250 มล. ต้องใช้กรดไนตริกเข้มข้นจำนวนกี่มิลลิลิตร

วิธีทำ

จากความถ่วงจำเพาะของกรดไนตริก	= 1.420	มล.
แสดงว่ากรดไนตริก 1.420 กรัมมีปริมาตร	= 1	มล.
ถ้ากรดไนตริก 100 กรัม	= $\frac{100}{1.420}$	มล.
	= 70.42	มล.
จากเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของกรดไนตริก	= 70	
นั่นคือกรดไนตริกเข้มข้น 100 กรัมมีเนื้อกรดไนตริก	= 70	กรัม
กรดไนตริก 100 กรัม มีปริมาตร 70.42 มล.		
กรดไนตริก 70.42 มล. มีเนื้อสาร	= $\frac{70}{63.01}$	โมล
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 0.1×250	= 25	มิลลิโมล

$$25 = 15.8 \times V \quad (V \text{ ปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้น})$$

$$V = \frac{25}{15.8} = 1.58 \quad \text{มล.}$$

ต้องใช้กรดไนตริกเข้มข้น 1.6 มล. เตรียมเป็นสารละลาย 250 มล. จะได้ความเข้มข้น 0.1 M

การคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายจากกรดหรือเบสเข้มข้น สามารถใช้สูตรการคำนวณได้ดังนี้

$$v = \frac{1000 \times MM'}{pd} \quad \dots\dots(3.1)$$

V = ปริมาตรของสารที่ใช้เตรียมเป็นสารละลาย 1 ลิตร

M = น้ำหนักโมเลกุล

M' = ความเข้มข้นมีหน่วยเป็นโมลาร์

p = เปอร์เซนต์ความบริสุทธิ์

d = ความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะของสารที่เป็นของเหลว

จากตัวอย่างที่ 5 ต้องการเตรียมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 250 มล. ถ้าคำนวณจากสูตรก็ได้คำตอบเดียวกัน

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

ดังนั้นถ้าต้องการเตรียมสารละลายกรดไนตริกให้มีปริมาตร 250 มล.

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้นที่ต้องใช้} &= \frac{6.34 \times 250}{1,000} \\ &= 1.58 \quad \text{มล.} \end{aligned}$$

3. การเจือจางสารละลาย (Dilution)

บางครั้งในห้องปฏิบัติการจะเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นมาก ๆ ไว้ ดังนั้นถ้าในการทดลองต้องการใช้สารละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นน้อยกว่า เจือจางกว่า ก็จะมีวิธีการเตรียมสารละลายให้เจือจางลงให้มีความเข้มข้นน้อยลงได้โดยวิธีที่เรียกว่าการเจือจางสารละลาย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 6 จงเตรียมสารละลายกรดเกลือให้มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ จำนวน 250 มล. จากสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 6 โมลาร์

วิธีทำ

$$\text{สมมุติว่าต้องใช้ HCl เข้มข้น 6 โมลาร์} = V \quad \text{มล.}$$

$$\text{จำนวนโมลของ HCl ที่ใช้} = \frac{V \times 6}{1,000} \quad \text{โมล}$$

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

$$\text{นั่นคือ} \quad \frac{V \times 6}{1,000} = \frac{0.2 \times 250}{1,000}$$

$$V = \frac{0.2 \times 250}{6}$$

$$= 8.33 \quad \text{มล.}$$

ต้องใช้กรดเกลือเข้มข้น 6 โมลาร์ จำนวน 8.33 มล. มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 250 มล.

การเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นนอร์มอล

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นหน่วยนอร์มอลคล้ายคลึงกับการคำนวณเป็นโมลาร์ แตกต่างกันที่การคำนวณเป็นโมลาร์ต้องใช้น้ำหนักโมเลกุลส่วนการคำนวณเป็นนอร์มอลใช้น้ำหนักสมมูลของสารเคมี

$$N = \frac{\text{no. eq. wt.}}{\text{litre}}$$
$$\text{no. eq. wt.} = \frac{\text{molecualar weight}}{\text{change of oxidation state}}$$
$$\text{no. wq. wt.} = \frac{4}{\text{eq. wt.}}$$

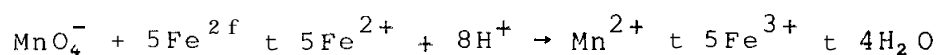
วิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการเตรียมเป็นนอร์มอล

1. การเตรียมจากสารเคมีของแข็ง

ตัวอย่าง 1 ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย KMnO_4 เข้มข้น 0.1 N จำนวน 1 ลิตร ต้องใช้สาร KMnO_4 หนักเท่าไรในการทำปฏิกิริยากับเหล็ก

วิธีทำ

จากปฏิกิริยา



$$\text{จำนวนกรัมสมมูลของ } \text{KMnO}_4 \text{ ที่ต้องใช้} = 0.1 \quad \text{กรัมสมมูล}$$

$$\text{น้ำหนักสมมูลของ } \text{KMnO}_4 = \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{5}$$

$$\frac{158.0}{5}$$

$$= 31.6$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{น้ำหนักของ } \text{KMnO}_4 &= 0.1 \times 31.6 \\ &= 3.16 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

ตัวอย่าง 2 จงอธิบายการเตรียมสารละลาย 0.200 N BaCl_2 จากของแข็ง $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 500 มล.

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักสมมูล } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{2} \\ &= \frac{244.24}{2} \\ &= 122.12 \\ \text{จำนวนกรัมสมมูลที่ต้องใช้} &= \frac{0.200 \times 500}{1,000} \\ &= 0.1 \quad \text{กรัมสมมูล} \\ \text{ต้องใช้ } \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} &= 0.1 \times 122.12 \quad \text{กรัม} \\ &= 12.21 \quad \text{กรัม} \end{aligned}$$

วิธีเตรียมทำโดยใช้ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ น้หนัก 12.21 กรัม ละลายน้ำแล้วให้มีปริมาตร 500 มล. จะได้สารละลายเข้มข้น 0.200 N

ตัวอย่าง 3 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลาย 0.15 N $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ จำนวน 250 มล. เพื่อใช้ในการเกิดปฏิกิริยา



วิธีทำ จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสำหรับไดโครเมต แสดงว่า

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักสมมูล } K_2Cr_2O_7 &= \frac{\text{น้ำหนักโมเลกุล}}{6} \\ &= \frac{294.24}{6} \\ &= 49.04 \\ \text{จำนวนกรัมสมมูล } K_2Cr_2O_7 \text{ ที่ใช้} &= \frac{0.15 \times 250}{1,000} \\ &= 37.5 \times 10^{-3} \text{ กรัมสมมูล} \\ \therefore \text{น้ำหนักของ } K_2Cr_2O_7 &= 37.5 \times 10^{-3} \times 49.04 \\ &= 1.84 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

วิธีการเตรียมทำได้โดยชั่งของแข็ง $K_2Cr_2O_7$ มาหนัก 1.84 กรัม ละลายน้ำแล้วทำให้มีปริมาตร 250 มล.

2. การเตรียมสารละลายจากสารเคมีของเหลว

การคำนวณหาปริมาตรของสารเคมีที่มาจากโรงงานเพื่อเตรียมเป็นสารละลายให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการสามารถคำนวณได้แบบเดียวกับการคำนวณในหน่วยของโมลาร์และอาจใช้สูตรในการคำนวณได้เช่นกัน คือ

$$V = \frac{100 \text{ MN}}{apd}$$

- V คือ ปริมาตรของสารที่ใช้เตรียมเป็นสารละลาย 1 ลิตร
- M คือ น้ำหนักโมเลกุล
- N คือ ความเข้มข้นเป็นนอร์มอล
- a คือ จำนวนโปรตอนของกรดที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ (acidity)
- p คือ เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์
- d คือ ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของสารที่เป็นของเหลว

ตัวอย่าง 4 กรดซัลฟูริกเข้มข้น บอกค่าต่าง ๆ ไว้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	=	96	
ความหนาแน่น	=	1.787	กรัม/มล.
น้ำหนักโมเลกุล	=	98	

จงคำนวณว่าถ้าต้องการเตรียมสารละลายกรดซัลฟูริกให้มีความเข้มข้น 0.5 N จำนวน 500 มล. ต้องใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวนเท่าไร

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.

3. การเจือจางสารละลาย

ถ้ามีสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เมื่อต้องการเตรียมเป็นสารละลายที่เจือจางลง สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad \dots \dots (3.2)$$

ตัวอย่าง 5 มีสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 6 N เมื่อต้องการเตรียมเป็นสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.5 N จำนวน 500 มล. ต้องใช้กรดเกลือเข้มข้น 6 N จำนวนเท่าใด

วิธีทำ

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$6 \times V = 0.5 \times 500$$

$$\therefore V = 41.67$$

∴ ต้องใช้กรดเกลือเข้มข้น 6 N จำนวน 41.67 มล.

ตัวอย่าง 6 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 0.2 N จำนวน 250 มล. ต้องใช้สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 5.0 N จำนวนกี่มิลลิลิตร

วิธีทำ

$$\begin{aligned}N_1 V_1 &= NV \\5.0 \times V_1 &= 0.2 \times 250 \\v &= 10 \quad \text{มล.}\end{aligned}$$

∴ ต้องใช้สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 5.0 N จำนวน 10 มล.

การเตรียมสารละลายให้มีหน่วยความเข้มข้นเป็น ppm (part per million)

สารละลายที่เจือจางมาก ๆ 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 μg วิธีการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ สามารถทำได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การเตรียมจากสารเคมีของแข็ง

ตัวอย่าง 1 ถ้าต้องการเตรียมสารละลาย NaCl ให้มีความเข้มข้นของ Na^+ เท่ากับ 100 ppm ต้องใช้ NaCl ที่เป็นของแข็งหนักเท่าไร

วิธีทำ

สารละลายเข้มข้น 100 ppm แสดงว่าในสารละลาย 1 ลิตร มี Na^+ หนักเท่ากับ 100 mg (หรือ 0.1000 กรัม)

$$\begin{aligned}
\text{จากน้ำหนักในโมเลกุลของ NaCl} &= 58.5 \\
\text{ถ้าต้องการ Na}^+ 23 \text{ กรัมต้องใช้ NaCl} &= 58.5 \quad \text{กรัม} \\
\text{ถ้าต้องการ Na}^+ 0.01 \text{ กรัมต้องใช้ NaCl} &= \frac{58.5 \times 0.01}{23} \\
&= 0.2543 \quad \text{กรัม}
\end{aligned}$$

ในการเตรียมสารละลาย Na^+ เข้มข้น 100 ppm ต้องใช้ NaCl หนัก 0.2543 กรัม เตรียมเป็นสารละลายให้มีปริมาตร 1 ลิตร

ตัวอย่างที่ 2 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายเหล็กเข้มข้น 1,000 ppm จากลวดเหล็ก

วิธีทำ

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

ดังนั้นวิธีการเตรียมทำโดยชั่งลวดเหล็กให้หนัก 1 กรัม ละลายด้วยกรดเกลือเข้มข้นแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร จะได้สารละลายเหล็กที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm

ตัวอย่างที่ 3 ต้องการเตรียมสารละลาย K^+ ให้มีความเข้มข้น 50 ppm จำนวน 500 มล. ต้องใช้ K_2SO_4 หนักกี่กรัม

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

$$\text{น้ำหนักโมเลกุล } \text{K}_2\text{SO}_4 = 174.26$$

$$\text{ถ้าต้องการ } \text{K}^+ 39.1 \text{ กรัม ต้องใช้ } \text{K}_2\text{SO}_4 = 174.26 \quad \text{กรัม}$$

$$\text{ถ้าต้องการ } 25 \times 10^{-3} \text{ กรัม ต้องใช้} = \frac{174.26 \times 25 \times 10^{-3}}{39.1 \times 2}$$

$$\dots \text{ ต้องใช้ } \text{K}_2\text{SO}_4 \text{ หนัก} = 0.0557 \quad \text{กรัม}$$

3. การเตรียมจากสารเคมีของเหลว

ตามที่กล่าวมาแล้วว่าสารเคมีที่มาจากโรงงานต้องบอกคุณสมบัติของสารไว้ที่ฉลากข้างขวด ซึ่งค่าเหล่านั้นมีความจำเป็นที่ต้องใช้ในการคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นเป็น ppm ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 4 จงเตรียมสารละลายกรดไนตริกให้เข้มข้น 100 ppm จำนวน 1 ลิตร

วิธีทำ สารละลายเข้มข้น 100 ppm แสดงว่ามีเนื้อกรดไนตริกหนัก 100 มิลลิกรัมในสารละลาย 1 ลิตร

จากเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของกรดไนตริกที่บอกไว้ข้างขวดมีค่าเท่ากับ .70%

นั่นคือ กรดไนตริก 70 มิลลิกรัม จะอยู่ในสารละลายกรดไนตริก 100 มิลลิกรัม

ถ้า กรดไนตริก 100 มิลลิกรัม จะอยู่ในสารละลายกรดไนตริก $\frac{100 \times 100}{70}$ มิลลิกรัม

ต้องใช้กรดไนตริกเข้มข้น = 142.86 มิลลิกรัม

กรดไนตริกเข้มข้นมีความหนาแน่น = 1.420 กรัม/มล.

นั่นคือกรดไนตริก 142.86 กรัม จะมีปริมาตร = $\frac{142.86 \times 10^{-3}}{1.420}$ มล.

= 0.1006

การเตรียมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 100 ppm ทำได้โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 0.1006 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1 ลิตร

3. การเจือจางสารละลาย

ในการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้เครื่องมือสามารถทำการวิเคราะห์กับสารละลายที่เจือจางมาก ๆ ที่มีหน่วยความเข้มข้นเป็น ppm และในการหาปริมาณส่วนใหญ่ทำได้โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) การเตรียมสารละลายมาตรฐานที่เจือจางมาก ๆ ไม่สามารถทำได้โดยตรงเพราะการชั่งสารปริมาณน้อย ๆ จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้มาก วิธีการเตรียมควรเริ่มต้นด้วยการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นสูงที่เรียกว่า **Stock Solution** แล้วนำ stock solution มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการเพื่อนำไปทดลองทำกราฟมาตรฐานต่อไป

ตัวอย่างที่ 5 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} ที่มีความเข้มข้นดังนี้ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ppm จำนวน 100 มล. จากสารละลายมาตรฐาน stock solution ที่มีความเข้มข้นของ Fe^{3+} เท่ากับ 500 ppm

วิธีทำ

สารละลายเหล็กเข้มข้น 10 ppm หมายความว่า มีเนื้อเหล็ก 10 μg ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร

เมื่อต้องการเตรียมสารละลายจำนวน 100 มล. แสดงว่าต้องมีเนื้อเหล็กทั้งหมดในสารละลาย = $100 \times 10 = 1,000 \mu g$

จาก Stock solution เข้มข้น 500 ppm แสดงว่ามีเนื้อเหล็ก 500 μg ในสารละลาย 1 มิลลิลิตร

ต้องการเนื้อเหล็ก 1,000 μg แสดงว่าต้องใช้ stock solution เท่ากับ 2 มิลลิลิตร นั่นคือใช้ stock solution 2 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มล. ด้วยขวดวัดปริมาตรจะได้สารละลายเข้มข้น 10 ppm

ความเข้มข้นของสารละลายเหล็กที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ก็สามารถคำนวณและเตรียมได้แบบเดียวกัน

สรุปปริมาตรของ stock solution ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายดังตาราง

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

การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

ในการทดลองบางอย่างจำเป็นต้องควบคุมสภาพความเป็นกรดและเบสของสารละลาย ด้วยจึงจะทำให้การทดลองได้ผลดี การควบคุม pH ของสารละลายทำได้โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ชนิดใด สารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ต้องไม่เกิดปฏิกิริยาหรือรบกวนปฏิกิริยาที่ต้องการวิเคราะห์ การเลือกสารเคมีเพื่อเตรียมเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ควรเป็นเกลือของกรดอ่อนกับกรดอ่อนที่มีค่า pK_a ใกล้เคียงกับ pH ที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้ได้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มี maximum buffer capacity การคำนวณหาปริมาณของเกลือของกรดอ่อนกับกรดอ่อน หรือเกลือของเบสอ่อนกับเบสอ่อน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\log \frac{[NaA]}{[HA]} = pH - pK_a \quad \dots\dots(3.3)$$

$$\text{หรือ} \quad \log \frac{[BH^+]}{[B]} = pOH - pK_b \quad \dots\dots(3.4)$$

NaA คือ เกลือของกรดอ่อน

HA คือ กรดอ่อน

BH^+ คือ เกลือของเบสอ่อน

B คือ เบสอ่อน

ตัวอย่างที่ 1 จงหาปริมาณของกรดททาลิก ($C_8H_6O_4$) และเกลือโปตัสเซียมททาลาท ($KHC_8H_4O_4$) ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี $pH = 2.5$ จำนวน 500 มล. โดยให้มีความเข้มข้นของกรดเท่ากับ 1 โมลาร์

วิธีทำ

$$\log \frac{[KHC_8H_4O_4]}{[C_8H_6O_4]} = 2.5 - 2.86$$

$$= -0.39$$

$$\frac{[KHC_8H_4O_4]}{[C_8H_6O_4]} = 0.407$$

$$[C_8H_6O_4] = 1 \quad \text{โมลาร์}$$

$$[KHC_8H_4O_4] = 0.407 \quad \text{โมลาร์}$$

ต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ปริมาตร 500 มล.

แสดงว่าต้องใช้	$[C_8H_6O_4]$	$= 1 \times \frac{500}{1,000}$	โมล
		$= 0.5 \times 166.14$	กรัม
		$= 83.07$	กรัม
ต้องใช้	$[KHC_8H_4O_4]$	$= \frac{0.407 \times 500}{1,000}$	โมล
		$= 0.203 \times 204.22$	กรัม
		$= 41.70$	กรัม

ดังนั้น วิธีการเตรียมทำได้โดยใช้กรดพทาไลคหนัก 83.07 กรัม ผสมกับเกลือโปตัสเซียมพทาเลทมาละลายน้ำกลั่นแล้วทำให้มีปริมาตร 500 มล. ในขวดวัดปริมาตรจะได้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH 2.5 พอดี

ตัวอย่างที่ 2 ต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH 10.0 จำนวน 100 มล. โดยให้มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 1 โมลาร์ ($K_{b_{NH_3}} = 1.8 \times 10^{-5}$)

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 pOH &= 14 - pH = 14 - 10 = 4 \\
 [OH^-] &= 10^{-4} \\
 \log \frac{[NH_4Cl]}{[NH_3]} &= pOH - pK_b \\
 \frac{[NH_4Cl]}{[NH_3]} &= \frac{K_b}{[OH^-]} \\
 &= \frac{1.8 \times 10^{-5}}{10^{-4}} \\
 &= 0.18
 \end{aligned}$$

ถ้าต้องการให้มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย	=	1.0	โมลาร์
.∴ ความเข้มข้นของ NH_4Cl	=	0.18	โมลาร์
ต้องการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ 100 มล.			
.∴ ต้องใช้ NH_3	=	$\frac{1 \times 100}{1000}$	โมล
	=	$0.1 \times 17 = 1.7$	กรัม

(น้ำหนักโมเลกุล $\text{NH}_3 = 17$)

แอมโมเนียเข้มข้นจากโรงงานมีความบริสุทธิ์ 27%

แสดงว่าต้องใช้แอมโมเนียเข้มข้น	=	$\frac{1.7 \times 100}{27}$	
	=	6.3	กรัม
ความหนาแน่นของแอมโมเนียเข้มข้น	=	0.90	
แสดงว่าต้องใช้แอมโมเนียเข้มข้น	=	$\frac{6.3}{0.9}$	
	=	7.0	มล.
NH_4Cl ที่ต้องใช้เตรียมเป็นสารละลาย 100 มล.	=	$\frac{0.18 \times 100}{1,000}$	โมล
	=	1.8×10^{-2}	โมล
	=	$1.8 \times 10^{-2} \times 53.5$	กรัม
(น้ำหนักโมเลกุล $\text{NH}_4\text{Cl} = 53.5$)	=	0.96	กรัม

นั่นคือ วิธีการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH10 ทำได้โดยใช้แอมโมเนียเข้มข้น 7.0 มล. ผสมกับ NH_4Cl หนัก 0.96 กรัม แล้วเจือจางให้มีปริมาตร 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น

ตัวอย่างสารละลายบัฟเฟอร์ชนิดต่าง ๆ

pH ประมาณที่ 25°C	วิธีเตรียม
2.2	ละลายกรดทาลิก $C_6H_4(COOH)_2$ 166.14 กรัม และโปตัสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ($KHC_8H_4O_4$) 41.70 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
4.0	ละลายโปตัสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ($KHC_8H_4O_4$) 204.22 กรัม และโปตัสเซียมพทาเลต ($K_2C_8H_4O_4$) 7.49 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
5.9	ละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) 156.01 กรัม และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$) 13.13 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
7.0	ละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) 156.01 กรัม และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$) 165.29 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตร
11.0	ละลายกรดซิตริก (Citric acid) 6.008 กรัม โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 3.893 กรัม, กรดบอริก 1.769 กรัม และกรดไดเอธิลบาร์บิทูริก (Diethylbabituric acid) 5.266 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจาง 1 ลิตร นำสารละลายนี้ 100 มล. ผสมกับสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.2 โมลาร์ จำนวน 86 มล. (สารละลายบัฟเฟอร์นี้เรียกว่าสารละลายยูนิเวอร์ซัลบัฟเฟอร์ เมื่อเติมปริมาณของ NaOH ต่าง ๆ กันจะได้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH ต่าง ๆ กันได้)