

普通化學實驗

Chemical Experiments

石鳳城 著



普通化學實驗

Chemical Experiments

石鳳城 著

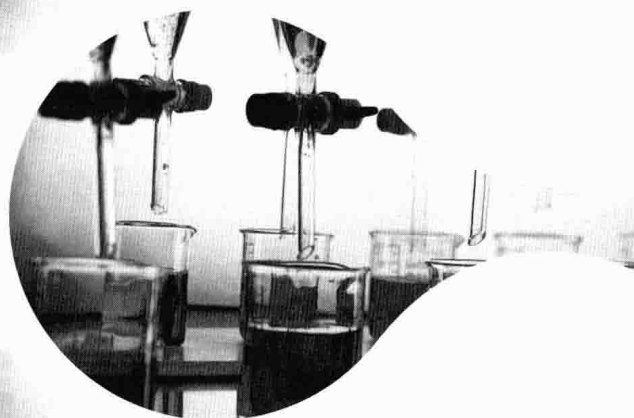
H

O

C

N

最新且實用的
普通化學實驗設計



五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

普通化學實驗／石鳳城著．——初版．

——臺北市：五南，2013.09

面：公分

ISBN 978-957-11-7344-3（平裝）

1.化學實驗

347.2

102019060



5BH0

普通化學實驗 Chemical Experiments

作 者 — 石鳳城

發行人 — 楊榮川

總編輯 — 王翠華

主 編 — 王正華

責任編輯 — 金明芬

封面設計 — 簡愷立

出版者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市中區中山路6號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 林勝安律師事務所 林勝安律師

出版日期 2013年9月初版一刷

定 價 新臺幣300元

自序

本書適合於大專院校之（基礎）化學實驗，每週 3 小時之授課。

內容編寫配合化學之授課，期使學生能藉由實驗之實作，驗證各化學原理及相關知識，培養對化學現象之觀察、推理、判斷、記錄能力，並學習化學實驗之基本器材（藥品）使用、操作技術及撰寫實驗報告之能力。

本書編排特色，包括：

1. 實驗題材適合普通化學，教師可依據科系屬性，增刪或調整實驗項目。
2. 實驗編排循序漸進，內容深入淺出，圖文並列，實驗設計操作簡單，適合大多數科系。
3. 舉例特多，並詳細列出演算過程，學生學習較易吸收而融會貫通。
4. 實驗所需設備、器材、藥品簡單而普遍，準備工作輕鬆不繁雜。
5. 選用藥品注意安全與環保，避免使用毒化物；製備較少量及低濃度之化學試藥，降低廢液濃度及排棄量，以節能減廢。

每一實驗列有五個部分：一、目的，二、相關知識（含舉例計算說明），三、器材與藥品（含藥品製備方法），四、實驗步驟與結果（含實驗結果紀錄及計算表單、實驗廢棄物及廢液清理建議），五、心得與討論。編排方式適合學生閱讀、實作，另實驗步驟結合實驗結果紀錄及計算表單，可供學生直接依序之記錄及計算填寫，亦方便於教師逕予批閱。

本書雖盡力求證與勘誤，然誤謬疏漏自是難免，尚祈各方先進惠予指正及建議，不勝感激。

編者：石鳳城

學校實驗室廢棄物（廢液）之清理（行政院環境保護署）

「廢棄物清理法」明定學校實驗室所產生之廢棄物屬事業廢棄物，應依「有害事業廢棄物認定標準」、「事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準」相關規定，妥善分類、收集、貯存、清除、處理。〔相關規定可至行政院環境保護署（環保法規—廢棄物清理）網站查詢 <http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/index.aspx>〕

廢棄物（廢液）之減量、分類、收集、貯存與處理

【參考資料：行政院環境保護署公告之水質檢測方法總則 NIEA W102.51C—附錄三：廢棄物減量與處理】

- （一）對於廢棄物的處理與處置，實驗室應依據「有害事業廢棄物認定標準」中公告有害事業廢棄物的種類及其濃度規定，妥善分類、收集、貯存、處理這些有害物質，可以減少有害廢棄物的量及處理的成本。
- （二）實驗室必須有效管理廢棄物，以達到減量與污染防治之目的；減量有降低成本與處理量兩方面的好處。對於某些有害廢棄物的產生者而言，更是法規要求要管理的項目。
- （三）減量的方法包括來源減量、回收及再利用，廢棄物的處理也是減量的一種形式。來源減量可行的做法是採購較小量的包裝，以避免過期的藥量太多，且不要庫存太多試藥，把握先買的先用原則，沒有拆封的藥品也可以退還給藥商回收，儘可能以無害的化學物質替代有害的化學物質之使用。並可改善實驗室的管理，加強人員減廢的訓練，讓同一實驗室的不同部門，共同使用同一個標準品以及儲備液。有機溶劑通常可以蒸餾回收再利用，而金屬銀及水銀則能被回收。
- （四）有害廢棄物必須依照「廢棄物清理法」之規定進行清除與處理。實驗室須建立一套安全合法的化學及生物廢棄物之處置計畫，計畫應包含儲存、運送、處理及處置有害的廢棄物。
- （五）廢棄物處理包括減少體積、污染物固定化及降低有害物物質的毒性等。處理的方法包括熱處理、化學、物理、生物處理以及焚化處理等方式。
 - 1. 熱處理：熱處理包括焚化及消毒，是利用高溫改變廢棄物的內容組成之成分。
 - 2. 化學處理：包括氧化還原、中和反應、離子交換、化學固化、光解反應、膠凝及沉澱等。
 - 3. 物理方法：包括固化、壓實、蒸餾、混凝、沉澱、浮除、曝氣、過濾、離心、逆滲透、紫外光、重力沉澱及樹脂與吸附等。
 - 4. 生物處理：包括生物污泥，堆肥及生物活性污泥等方法。
 - 5. 最終處置：經廢棄物減量及處理後的廢棄物需要妥善處置。
- （六）實驗產生的廢液及第一次洗滌液應視污染物的種類分類收集，再委請合格清運及代處理業者清運、處理，並依規定將處理遞送聯單寄交縣（市）環保局，留存聯單則作成

紀錄存檔備查。廢液貯存時應參考廢液的相容性，混合後易產生高熱、毒氣、爆炸的廢液應分開收集、貯存。

- (七) 實驗室廢液分類：有關廢液分類與檢驗項目之歸屬對照如表 1 所示，而廢液貯存容器及標示規定如表 2 之區分。
- (八) 廢液貯存的容器應妥善標示，隨時保持加蓋狀態。廢液貯存應選擇適當的區域，考慮的因素包括：
- 1. 廢液傾倒、搬運方便。
 - 2. 不易傾倒翻覆，不會阻礙通道。
 - 3. 遠離電源、熱源。
- (九) 實驗室常見的廢氣包括酸性氣體逸散、有機溶劑揮發或實驗產生的廢氣，應在排煙櫃（通風櫥）中取用酸液、有機溶劑及操作處理可能產生廢氣的實驗。在主管機關的同意下，當實驗室產生廢棄物低於特定排放濃度（例如：放流水標準）或產生揮發性廢氣，可以小心地排放入衛生下水道或在排煙櫃中抽氣排放。
- (十) 實驗室產生的大多數有害廢棄物均必須運離實驗室，進行更進一步的處理後再行最終處置。實驗室對於產生的廢棄物必須妥善包裝及標示，並須慎選合法的廢棄物清運及處理廠商，委託清運過程中，應依法保留委託處理聯單，必要時應至處理現場確認其處理方式。
- (十一) 對於感染性或生物性的廢棄物需要先經過消毒或殺菌程序後，才能進行廢棄處理。設備或回收性耗材在接觸過感染性廢棄物後，也應經過消毒殺菌等程序才可以重複使用。
- (十二) 雖然一般的水質檢驗室並不會接觸到放射性廢棄物，對於儀器設備中裝設的放射源偵測器丟棄時，應依據行政院原子能委員會之規定，交由合法之處理廠商代為清運處理。

表 1：環境檢驗室檢驗項目與廢液分類之歸屬對照表

廢液類別		檢驗項目
有機廢液	1.非含氯有機廢液	(1)水質類：如酚類、陰離子界面活性劑、油脂（正己烷抽出物）、甲醛、總有機磷劑（如巴拉松、大利松、達馬松、亞素靈、一品松等）、總氨甲酸鹽（滅必蟲、加保扶、納乃得、安丹、丁基滅必蟲等）、安特靈、靈丹、飛佈達及其衍生物、滴滴涕及其衍生物、阿特靈、地特靈、五氯酚及其鹽類、除草劑（丁基拉草、巴拉刈、2-4地拉草、滅草、加磷塞等）、安殺番、毒殺芬等項目。 (2)空氣類：硝酸鹽、二氧化硫。 (3)毒化物與廢棄物類：檢測過程（包括淨化、萃取、稀釋、移動相）有使用丙酮、正己烷、甲醇、乙醇、乙酸乙酯、異丙醇等。 (4)其他不含鹵素類化合物之有機廢棄樣品（註1）。
	2.含氯有機廢液	(1)水質類：如多氯聯苯、五氯硝苯等項目。 (2)其他含氯化甲烷、二氯甲烷、氯仿、四氯化碳、甲基碘、氯苯、苯甲氯等脂肪族或芳香族鹵素類化合物者。

(續下表)

無機廢液	1. 氰系廢液	(1)水質類：氰化物。 (2)其他檢測過程有使用氰甲烷（CH ₃ CN）者，或任何含氰化合物、氰錯化合物（註3）之游離廢液且pH≥10.5者。
	2. 汞系廢液	(1)水質類：氨氮、總汞、有機汞。 (2)空氣類：氯鹽。 (3)其他含無機汞或有機汞之游離廢液者（註4）。
	3. 一般重金屬廢液（註2）	(1)水質類：溶解性鐵、溶解性錳、鎘、鉛、銅、鋅、銀、鎳、硒、砷、硼。 (2)空氣類：硫酸鹽。 (3)其他含有金屬元素或金屬化合物之酸鹼廢液者。
	4. 六價鉻廢液	水質類：總鉻、六價鉻。 其他含有六價鉻之游離廢液者。
	5. 酸系廢液	水質類：BOD、硝酸鹽氮。 其他如硫酸、硝酸、鹽酸、磷酸等pH值小於2者。
	6. 鹼系廢液	水質類：硫化物。 其他如苛性鈉、碳酸鹽、氨類等pH值大於12者。
	7. COD廢液	水質類：COD。 廢液中含重鉻酸鉀、硫酸汞、硝酸銀（註4）等成分者。
[註]：1. 有機檢驗項目如無法明確分類者，得歸類為「含氯有機溶劑」。 2. 無機檢驗項目如無法明確分類，且確定未含CN ⁻ 或Hg ²⁺ 者，得歸類為「一般重金屬廢液」。 3. 含難分解性氰化錯合體如Rag(CN) ₂ 、R ₂ Ni(CN) ₂ 、R ₃ Cu(CN) ₄ 、R ₃ Fe(CN) ₆ 等電離常數10 ⁻²¹ 以下之氰系廢液，應列入「非含氯有機溶劑」，以焚化方式處理。 4. 金屬汞、硫酸汞、硝酸銀具有回收汞、銀之效益，應儘量單獨分類收集。		

表 2：環境檢驗所廢液貯存容器及標示規定

廢液類別		貯存容器之顏色、材質、容積	貯存容器標示
有機廢液	1. 非含氯有機廢液	(1)紅色附彈簧蓋之防爆型不鏽鋼桶（20公升） (2)漆上「非含氯有機溶劑」白色字體	易燃性物質
	2. 含氯有機廢液	(1)紅色附彈簧蓋之防爆型不鏽鋼桶（20公升） (2)漆上「含氯有機溶劑」黑色字體	可燃性物質
無機廢液	1. 氰系廢液	(1)白色高瓶口之HDPE桶（20公升） (2)漆上「氰系廢液」橙色字體	毒性和事業廢棄物
	2. 汞系廢液	(1)白色高瓶口之HDPE桶（20公升） (2)漆上「汞系廢液」橙色字體	毒性和事業廢棄物
	3. 一般重金屬廢液（註2）	(1)白色高瓶口之HDPE桶（20公升） (2)漆上「一般重金屬廢液」黑色字體	毒性和事業廢棄物
	4. 六價鉻廢液	(1)白色高瓶口之HDPE桶（20公升） (2)漆上「六價鉻廢液」黑色字體	毒性和事業廢棄物
	5. 酸系廢液	(1)白色高瓶口之HDPE桶（20公升） (2)漆上「酸系廢液」藍色字體	腐蝕性和事業廢棄物
	6. 鹼系廢液	(1)白色高瓶口之HDPE桶（20公升） (1)漆上「鹼系廢液」藍色字體	腐蝕性和事業廢棄物
	7. COD廢液	(1)白色高瓶口之HDPE桶（20公升） (2)漆上「COD廢液」藍色字體	腐蝕性和事業廢棄物
[註]：1. 過期藥劑應請廠商回收，不得併入廢液處理。 2. 環衛用藥檢體、有害固體樣品等，檢驗後應將其收集，並逕退原採樣者（地）自行處理。 3. 以上塑膠容器材質可為聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）、高密度聚乙烯（HDPE）等。為提高貯存之安全性建議採用高密度聚乙烯桶為貯存容器。			

實驗廢液處理（教育部）

【參考資料：教育部學校安全衛生資訊網（實驗廢液處理）<http://140.111.34.161/index.asp>】

（一）實驗室廢棄物（廢液）須依成份、特性分類，再予收集、貯存，其目的為：

1. 有利於後續之清理：各種廢液之化性、毒性迥異，清理方法各不相同，需依其成分、特性予以分類。
2. 避免危險：廢棄物（廢液）如任意混合，極易產生不可預知之危險，例如：氰化物（KCN、NaCN）倒入酸液中，會產生劇毒的氰酸（HCN）氣體；鋅（Zn）放入酸液中會產生易爆（燃）性的氫氣（H₂）；疊氮化鈉（NaN₃）和銅（Cu）接觸會產生爆炸性的疊氮化銅〔Cu(N₃)₂〕。
3. 降低處理成本：分類不清、標示不明之廢棄物（廢液），處理前需檢測分析，確定成分後方能妥適處理。廢棄物（廢液）中若含有性質迥異之物質者，其清理程序更為複雜，處理成本亦將增加。
4. 分類收集、分類貯存時，「不相容」者嚴禁相互混合，以免產生危險，所謂不相容係指：
 - (1) 兩物相混合會產生大量熱量。
 - (2) 兩物相混合會產生激烈反應。
 - (3) 兩物相混合會產生燃燒。
 - (4) 兩物相混合會產生毒氣。
 - (5) 兩物相混合會產生爆炸。

（二）實驗室廢液依「教育部學校實驗室廢液暫行分類標準」（表 1）分類收集、貯存後，需移至暫存區貯存，貯存時亦需考慮相容性之問題，貯存原則如下：

1. 水反應性類需單獨貯存。
2. 空氣反應性類需單獨貯存。
3. 氧化劑類需單獨貯存。
4. 氧化劑與還原劑需分開貯存。
5. 酸液與鹼液需分開貯存。
6. 氰系類與酸液需分開貯存。
7. 含硫類與酸液需分開貯存。
8. 碳氫類溶劑與鹵素類溶劑需分開貯存。

表 1：教育部學校實驗室廢液暫行分類標準（90.9.19.）

A. 有機廢液類	1.油脂類：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢棄油（脂），例如：燈油、輕油、松節油、油漆、重油、雜酚油、錠子油、絕緣油（脂）（不含多氯聯苯）、潤滑油、切削油、冷卻油及動植物油（脂）等。
	2.含鹵素有機溶劑類：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢棄溶劑，該溶劑含有脂肪族鹵素類化合物，如氯仿、二氯甲烷、氯代甲烷、四氯化碳、甲基碘等；或含芳香族鹵素類化合物，如氯苯、苯甲氯等。
	3.不含鹵素有機溶劑類：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢棄溶劑，該溶劑不含脂肪族鹵素類化合物或芳香族鹵素類化合物。
B. 無機廢液類	1.含重金屬廢液：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢液，該廢液含有任一類之重金屬（如鐵、鈷、銅、錳、鎘、鉛、鎘、鉻、鈦、銻、錫、鋁、鎂、鎳、鋅、銀等）。
	2.含氰廢液：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢液，該廢液含有游離氰廢液（需保存在pH10.5以上）者或含有氰化合物或氰錯化合物。
	3.含汞廢液：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢液，該廢液含有汞。
	4.含氟廢液：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢液，該廢液含有氟酸或氟化合物者。
	5.酸性廢液：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢液，該廢液含有酸。
	6.鹼性廢液：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢液，該廢液含有鹼。
	7.含六價鉻廢液：由學校實驗室或實習工廠所產生的廢液，該廢液含有六價鉻化合物。
C. 污泥及固體類	1.可燃感染性廢污：由學校實驗室於實驗、研究過程中所產生的可燃性廢棄物，例如：廢檢體、廢標本、器官或組織等，廢透析用具、廢血液或血液製品等。
	2.不可燃感染性廢污：由學校實驗室於實驗、研究過程中所產生的不可燃性廢棄物，例如：針頭、刀片、及玻璃材料之注射器、培養皿、試管、試玻片等。
	3.有機污泥：由學校實驗室或實習工廠所產生的有機性污泥，例如：油污、發酵廢污等。
	4.無機污泥：由學校實驗室或實習工廠所產生的無機性污泥，例如：混凝土實驗室或材料實驗室之沉砂池污泥、雨水下水道管渠或鑽孔污泥等。

(三) 實驗室廢液之收集與貯存容器

1. 實驗室廢液之收集依下列原則收集：
- (1) 實驗室廢藥品：依「教育部學校實驗室廢液暫行分類標準」，以原包裝置於方形塑膠桶中。

(2) 實驗室廢液：依「教育部學校實驗室廢液暫行分類標準」，混於貯存桶內。
2. 廢液貯存容器：
- (1) 實驗室廢藥品，不論剩餘量多寡，均以原包裝置於 50 公升之方形桶槽內（開口無蓋），原包裝需有瓶蓋，不可溢漏。爲了防止運輸時碰撞破裂，桶內需有緩衝材料。

(2) 實驗室廢液貯存容器則根據容器材質與廢液之相容性分成下列二部分：

a. 一般溶劑類與含鹵素溶劑類以 50 加崙鐵桶或 30 公升之不鏽鋼桶貯存。

b. 其餘之實驗室廢液則以 20 公升或 30 公升之 PE 塑膠桶貯存。
- (四) 準備消防及急救器材
- 實驗室廢液貯存或處理時，於貯存場所及處理區域需準備消防設施器材，對於化學類的

火災，以乾粉滅火器及二氧化碳滅火器較為適用。急救方面，如被廢液噴濺沾黏，應儘速以清水沖洗，避免接觸皮膚、眼睛。急救箱亦為必要之物。

（五）廢液處理注意事項

實驗室廢液特性為：成份及數量穩定度低，種類繁多或濃度高。其危險性也相對增高。清理時，應注意事項說明如下：

1. 充分瞭解處理的方法：實驗室廢液的處理方法因其特性而異，任一廢液如未能充分瞭解其處理方法，切勿嘗試處理，否則極易發生意外。
2. 注意皮膚吸收致毒的廢液：大部份的實驗室廢液觸及皮膚僅有輕微的不適，少部分腐蝕性廢液會傷害皮膚，有一部份廢液則會經由皮膚吸收而致毒，最著名的例子則為高雄縣大樹鄉造成二人死亡之苯胺廢液。會經由皮膚吸收產生劇毒的廢液，於搬運或處理時需要特別注意，不可接觸皮膚。
3. 注意毒性氣體的產生：實驗室廢液處理時，如操作不當會有毒性氣體產生，最常見者列舉如下：
 - (1) 氰類與酸混合會產生劇毒的氰酸。
 - (2) 漂白水與酸混合會產生劇毒性之氯氣或偏次氯酸。
 - (3) 硫化物與酸混合會產生劇毒性之硫化物。
4. 注意爆炸性物質的產生：實驗室廢液處理時，應完全按照已知的處理方法進行處理，不可任意混雜其他廢液，否則容易產生爆炸的危險。一些較易產生爆炸危害的混合物列舉如下：
 - (1) 疊氮化鈉與鉛或銅的混合。
 - (2) 胺類與漂白水的混合。
 - (3) 硝酸銀與酒精的混合。
 - (4) 次氯酸鈣與酒精的混合。
 - (5) 丙酮再鹼性溶液下與氯仿的混合。
 - (6) 硝酸與醋酸酐的混合。
 - (7) 氧化銀、氨水、酒精酸種廢液的混合。

其他一些極容易產生過氧化物的廢液（如：異丙醚），也應特別注意，因過氧化物極易因熱、摩擦、衝擊而引起爆炸，此類廢液處理前應將其產生的過氧化物先行消除。

5. 其他應注意事項：實驗室廢液因濃度高，易於處理時因大量放熱反應速率增加而致發生意外。為了避免這種情形，再處理實驗室廢液時應把握下列原則：

- (1) 少量廢液進行處理，以防止大量反應。
- (2) 處理劑倒入時應緩慢，以防止激烈反應。
- (3) 充分攪拌，以防止局部反應。

必要時於水溶性廢液中加水稀釋，以緩和反應速率以及降低溫度上升的速率，如處理設備含有移設裝置則更佳。

(六) 實驗室廢液標籤：爲了方便實驗室廢液之暫存與處理，實驗室廢液之貯存容器應貼有標籤（如表 2），標籤內容應具備下列事項：

表 2：實驗室廢液標籤

實驗室廢液標籤（請張貼於廢液容器明顯位置）		編號：
(1)廢液類別： ☐有機廢液類之：☐油脂類、☐含鹵素有機溶劑類、☐不含鹵素有機溶劑類。 ☐無機廢液類之：☐含重金屬廢液、☐含氰廢液、☐含汞廢液、☐含氟廢液、☐酸性廢液、 ☐鹼性廢液、☐含六價鉻廢液。 (2)分類碼：_____。 (3)廢液危害性之標誌：_____。 (4)廢液主要成分種類：_____。 (5)廢液數量：_____公升_____公斤。 (5)(學校)科系所名稱：_____。 (6)實驗室名稱：_____。 (7)管理人簽名_____電話：_____。 (8)集中日期：_____。 【註】實驗室廢藥品除貼有上述標籤外，原包裝之標籤亦應完整牢固。		

實驗室安全衛生須知

實驗室名稱		實驗室地點	
管理教師		連絡電話	

一、個人防護

- (一)「安全」是進行任何實驗最重要的考量，若不注意，經常會造成永久的傷害與遺憾。
- (二)進入實驗室者，應確實遵守「實驗室安全衛生須知」。
- (三)實驗室內禁止從事與實驗無關之活動及工作。
- (四)進實驗室時應穿著適合的實驗衣。視需要配戴個人必要之安全衛生防護具，包括眼睛、皮膚、頭部、聽力、呼吸道及足部的保護。
- (五)近視者應配戴（有框）眼鏡；實驗室備有公用的安全眼鏡及防護面罩，應先熟悉放置位置；於配製酸鹼溶液、有毒溶液或進行有噴濺危險實驗時，應戴上安全眼鏡保護眼睛。
- (六)戴防護手套保護皮膚，必須選擇適當材質的手套。處理高溫物品時應戴隔熱手套；搬運或使用具腐蝕性之酸鹼及其他化學品時，應戴橡（乳）膠手套。
- (七)使用儀器、設備及化學品前，應先閱讀相關手冊及熟知安全事項，並依照標準操作方法使用及遵守各項實驗之安全操作方法。
- (八)實驗應隨時注意安全，熟悉實驗內容及相關知識，並依實驗步驟進行實驗。非經任課老師（或管理人員）許可，不得隨意開啓電源、不得啓用非在教學實驗內之機械或儀器設備、不得進行未經許可之實驗、不得擅自取用其他實驗室之器材設備及藥品。
- (九)取用化學品應確認種類及濃度（看不懂應主動問任課老師），並依需要取量，不可過量及隨意添加，以免危險。取化學品之藥杓、吸管、滴管應專用，避免交叉使用造成污染及危險。
- (十)使用電器用品時，應先確認電源之電壓（110V 或 220V）是否相符？禁止觸摸運轉中之馬達、幫浦、輸送帶等動力機械，若要進行檢查應先關閉電源停止操作，並有實驗室管理老師在旁指導。
- (十一)避免單獨一人進行實驗，亦不要在過度疲勞情況下勉強進行實驗。
- (十二)實驗室應由使用人員負責經常保持整潔。整潔的桌面，可以避免濺出的化學品破壞到衣物、書本甚至身體，減少災害的發生。
- (十三)衣物著火時，不可奔跑或撲扇火焰，最好以防火毯裹著身體滅火，或利用安全淋洗設備沖洗（水），或以二氧化碳滅火器滅火。
- (十四)化學品濺入眼睛，應立即以大量自來水沖洗眼睛，沖水時要將眼瞼撐開，一面沖水一面轉動眼球，沖水 15 分鐘後立即送醫。
- (十五)取用有毒、腐蝕性、致癌藥品時，應戴防護手套取用，並避免擴散污染。

- (十六) 養成實驗前、後皆洗手的習慣。離開實驗室時，需檢查水、電、瓦斯等是否關好，不使用之儀器設備應予關閉，以策安全。

二、安全衛生管理

- (一) 實驗室應隨時保持通路、安全門、安全梯及出入口清潔暢通。
- (二) 實驗室應有急救箱、防火毯等緊急救護器材，並將其井然有序地放置於貯存櫃，貯存櫃應靠近實驗室出口，遠離爐火及藥品、實驗設備的地方。
- (三) 處理危險之安全衛生設備及防護器具應置於明顯易取之處；認清並牢記最近之「滅火器」、「緊急洗眼器」、「緊急淋洗設備」及「急救箱」位置，並確知使用方法。
- (四) 實驗室內空氣應保持良好之流通性、照明設備應保持正常運轉使用狀態、實驗桌嚴禁擺設在出入口、消防及安全器材設備可正常使用。
- (五) 實驗室內禁止：配戴隱形眼鏡、穿拖鞋（涼鞋）、攜帶（烹調）食物、進食食物（飲料）、吸菸、化粧、嚼口香糖、喧嘩、嘻戲（玩手機、電子遊戲）、跑步、打鬧及推擠。非經許可禁止使用煙火，勿戴手飾及蓄長髮（留長髮者，應將頭髮綁紮束好）。
- (六) 實驗室若有「危險物」或「有害物」，其儲存容器（任何袋、瓶、箱、罐、反應器、儲槽、管路）應依行政院勞工委員會之「危險物與有害物標示及通識規則」、「化學品分類及標示全球調和制度（Global Harmonized System）」規定加以分類及標示。每瓶化學藥品均應張貼危害標示及圖式分類。
- (七) 實驗室應備置所使用化學品之「物質安全資料表」（MSDS：material safety data sheet），置於易取得之處；實驗者使用危險物、有害物等化學藥品時，應先閱讀物質安全資料表及危險警告訊息。
- (八) 實驗室所安置的滅火器為多效乾粉（蓄壓式）滅火器，可用於A類（一般物品、紙類）、B類（可燃液體）、C類（電類火災）等類型火災。
- (九) 「危險性機械或設備」未經檢查合格不得使用，或超過規定期限未經再檢查合格，不得繼續使用；若規定使用（操作）者必須有合格證照者，方可使用。
- (十) 所有藥品容器及鋼瓶（含空的鋼瓶）皆應貼上標籤標示清楚。
- (十一) 配製的化學試劑要註明內容物、濃度、配製日期及配製人；為避免污染，不可將未用完的試藥、溶液再倒回原來的容器內。
- (十二) 實驗時，應隨時保持實驗桌整齊清潔，可攜帶課本、筆記、文具進實驗室，但書包、背包、手機、電子遊戲機及其他非實驗所需之物品，應置於實驗室外之置物櫃。
- (十三) 實驗室藥品、儀器、設備應依規定置於適當位置；易受溫度影響而分解的藥品，應儲存於冰箱內，其餘藥品則需擺在藥品架（櫃）上，藥品架（櫃）必須靠牆穩固，並避免陽光照射及預防地震時倒塌的危險性。藥品室嚴禁煙火並保持空氣流通。
- (十四) 必須設置安全衛生防護裝置之機械設備工具，不得任意拆卸或使其失去效能，發現被拆或喪失效能時，應立即報告管理人員或任課教師。

- (十五) 實驗中不慎濺出或打翻任何藥品試劑時，應報告管理人員並隨時清理。
- (十六) 可燃性液體應儲存在合格的儲存櫃中；於使用高可燃性液體（如丙酮、乙醚）時要熄滅或移除附近所有的火、熱源。
- (十七) 濺出的酸可以撒上固體的碳酸氫鈉中和後再用水洗除，強鹼濺到實驗桌上時先用清水，再用稀醋酸清洗。
- (十八) 進行危險性實驗或處理危險化學藥品時，應豎立明顯之告示牌或標誌，以警告他人。
- (十九) 化學藥品、試劑廢棄物（廢液）不可隨意往水槽傾倒或隨意放置，許多化學物質具有「不相容性」，亦即當兩化學物質（含貯存容器）相混後會產生熱、起火、放出有害氣體、劇烈反應或爆炸、材料劣化等後果，應於實驗廢棄物（廢液）分類、收集、貯存、處理等位置張貼「實廢驗液相容表」〔可於學校環安衛業管單位或網路取得（須辨別其正確性）〕，並依規定進行實驗廢棄物（廢液）分類、收集、貯存、處理；廢棄物（廢液）貯存容器務必標明分類標籤。非經實驗室管理人員許可，不得任意接觸搬動。
- (二十) 離開實驗室前，應將實驗區域清理擦拭乾淨，實驗器材清洗後歸定位，並關閉水、電、瓦斯及門窗，實驗室管理人應於實驗結束後檢查。

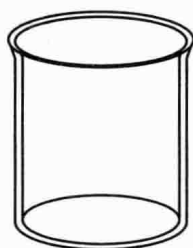
三、操作安全

- (一) 不可直接碰觸剛加熱過的玻璃（器材）、蒸發皿或坩鍋，必須等其冷卻後才可碰觸。烘箱取物時（如蒸發皿、坩鍋）應以坩鍋夾取用，不可直接以手拿取。
- (二) 要從橡皮塞中拔出玻璃管或溫度計時，應抓緊靠近橡皮塞部分的管身，旋轉後拔出，必要時可以水或甘油作為潤滑劑。
- (三) 緊塞的瓶塞要用安全的方法開啓，避免使用過當壓力造成瓶口破裂。
- (四) 破裂損壞的玻璃器皿、玻璃藥品空瓶，應戴防護手套清洗後按顏色（透明無色、茶褐色）區分置入專用玻璃類回收箱（塑膠材質）；塑膠藥品空瓶應清洗後，置入專用塑膠類回收箱（塑膠材質）。
- (五) 球底燒瓶應放置在特製的橡皮墊或軟木環上。
- (六) 為安全及整潔，試管應放置在「試管架」上。
- (七) 試管加熱時，熱（火）源應靠近管內液體或固體表面「緩緩」加熱，並隨時準備移開熱（火）源，以防突沸，並禁止將試管對著別人或自己。
- (八) 實驗桌上除實驗進行中所需器材藥品外，應隨時保持乾淨，加熱操作時熱（火）源周圍不可有易燃之藥品或器材。
- (九) 傾倒有害液體時，一定要接著於水槽上方。
- (十) 稀釋強酸、強鹼時，一定是將酸、鹼加入水中，絕不可將水加入酸、鹼中，以免噴濺造成危險。
- (十一) 使用（刻度）吸管量取用化學品、溶液時，應使用安全吸球，嚴禁以嘴吸取。

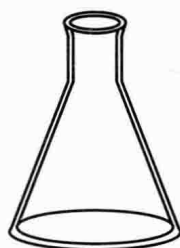
- (十二) 搬動化學品瓶子（器材、容器）時，要同時使用雙手，並靠近身體，以一手托住底部，另一手握住瓶頸或手指穿過瓶環，不可僅以一手握著瓶頸。
- (十三) 量取、配製或稀釋強酸（如硫酸、鹽酸、硝酸）、有毒或揮發性有機溶劑（如乙醚、丙酮、正己烷、乙醇），應在通風櫥（抽氣櫃）中進行。
- (十四) 實驗室機器設備應設置符合中央主管機關所定防護標準之機械、器具供教師及學生使用。
- (十五) 儀器設備購買時，應將安全防護設備、中文操作說明書、接地線或漏電斷路器列入標準配備。

常用器材介紹

1. **燒杯 (beaker)**：有玻璃及塑膠製 2 種，常見者有 25、50、250、500、1000 及 2000cc (塑膠製亦有 5L 者)，一般用於暫存液體、粗略配藥或盛水加熱。
2. **三角錐瓶 (錐形瓶, conical flask)**：常見者為玻璃製 125、250 及 500cc，一般用於暫存液體，於溶液混合時可避免液體濺出 (例如酸鹼滴定、氧化還原滴定)。
3. **量筒 (graduated cylinder)**：有玻璃及塑膠製 2 種，常見者有 25、50、250、500、1000 及 2000cc，用於量取液體體積；準確性高於燒杯、三角錐瓶，但低於定量瓶、有刻度吸管。



燒杯

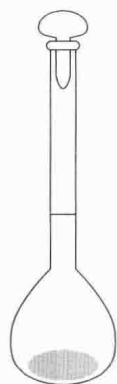


三角錐瓶

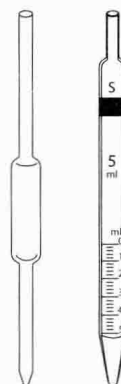


量筒

4. **定量瓶 (volumetric flask)**：有玻璃及塑膠製 2 種，玻璃製常見者有 25、50、100、250、500、1000 及 2000cc，用於配製定體積溶液 (如配製標準溶液)，僅於瓶頸上有一刻線，因水之密度會隨溫度改變，瓶腹上有溫度及體積標示，例如 20°C、500cc，表示此定量瓶之體積 500cc 係於 20°C 時所校正，瓶蓋與瓶口皆有磨砂，使能緊密防止洩漏。
5. **吸管 (pipette)**：玻璃製，可精確量取液體體積，使用上可分 2 種，量取定量液體者為移液吸管 (transfer pipet)，常見者有 5、10、20、25cc；量取非定量液體者為刻度吸管 (graduated pipet)，常見者有 1、5、10、20、25cc。

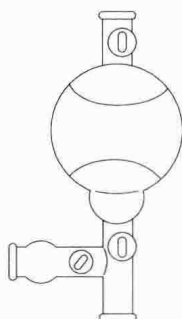


定量瓶



吸管

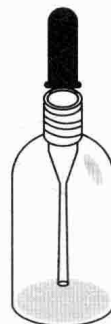
6. **安全吸球 (safety pipet filler)**：橡（矽）膠製，裝於吸管上以吸取液體溶液，球上有 3 個閥，分別為：A 排氣閥；S 吸液閥；E 排液閥。不用時吸球應回復原狀以免材料彈性疲乏。
7. **滴管 (medicine dropper)**：有玻璃及塑膠製 2 種，塑膠製者有刻度（3cc），操作方便，用於添加少量溶液（如酸鹼指示劑）。
8. **滴瓶 (dropping bottle)**：褐色玻璃製，容量一般為 100cc，常用於盛裝指示劑。



安全吸球



滴管

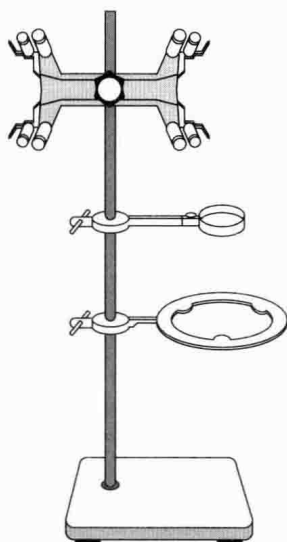


滴瓶

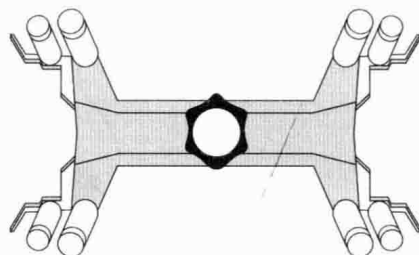
9. **滴定管 (burette)**：為有刻度之細長玻璃管，容量有 25、50cc 者，有一鐵氟龍開關（耐酸鹼），用於酸鹼滴定或氧化還原滴定。
10. **四角鐵台 (rectangular cast-iron support)**：四角鐵台（附棒）有不鏽鋼製及鐵製（易生鏽），用於支撐滴定管夾、漏斗架、不鏽鋼（鐵）環、固定夾、活動夾、三叉夾等。
11. **滴定管夾 (double buret clamp)**：鋅合金，置於四角鐵台架上，夾滴定管用。



滴定管



四角鐵台



滴定管夾