

普通化學實驗

(上 冊)

編	著	謝	業	康
校	正	李	立	聰

興業圖書股份有限公司

普通化學實驗

(上 冊)

編 著 謝 業 康
校 正 李 立 聰

興業圖書股份有限公司



中華民國六十二年七月初版

普通化學實驗

上册 基本定價 壹元伍角

編 著……謝 業 康

發 行 人……王 志 康

內政部登記證內版台業字第一七九四號

出 版 者……興業圖書股份有限公司

印 刷 者……泰 成 印 刷 廠

發 行 所……興業圖書股份有限公司

臺南市勝利路一一八號

序

目前一般大專院校，所用普通化學實驗教科書，均為英文版，對於初進大學尚未習慣英文閱讀之學生，不僅增加翻閱字典費時閱讀困難，費事及費精力，且常由於不能深刻了解英文意義，而導致實驗過程上之錯誤。謝業康先生，畢業於國立成大化學系，有鑒於此，於任教期間，特憑其豐富之實驗研究經驗，將此書編著成中文本。如此，一方面可使學生免除閱讀原書文字上之障礙，另一方面可以使學生增加閱讀瞭解之效力，俾於實驗時，得心順手，事半功倍。余既賀其辛勤之有成，乃樂為之序。

國立成功大學化學系教授

李 豆 聰

自序

- 一、本書編著主要適用的對象，為理工學院各科系一年級和專科及高中學生作基本普通化學實驗之用。
- 二、本書分上、下冊。上冊細分二類：第一類，為基本實驗技術之養成，此部分，儘可能予以詳細說明，並圖示其所用之儀器。第二類，共收廿種實驗各實驗再分原理概述，實驗步驟，實驗報告與課後習題四大部分，是供每週四小時，全年過程之需，併可視實際情形，擇取其中一部分實驗，以為全年課程之用。
- 三、本書採用活頁式及普通式兩種裝訂，乃為特點之一；即可便利學生繳寫實驗報告，又可讓老師統一批閱實驗報告之用。
- 四、本書所載實驗，均經編著者逐一以當地易購得之藥品，加以追試確認。玻璃儀器，亦為參考歐、美、日學校所用之儀器，加以改良設計。
- 五、本書名辭命名，均按教育部公佈的化學名辭為準。其未有盡載者，則依一般的通則試譯之。這些命名，在各名辭之後，均附有英文原辭的對照，以資參考。
- 六、編著者惟倉促脫稿，編此巨後，疏誤之處，在所難免，至希海內賢達，隨時指正，俾於再版時更正之，謹此先為致謝。
- 七、本書承蒙化學系教授李立聰，百忙中指導，興業圖書股份有限公司王志康先生贊助，鍾麗輝小姐抄稿及協助，一併在此表示萬分謝意。

編著謹識於
國立成功大學

普通化學實驗

上 冊

目 次

I. 化學實驗之基本技術：

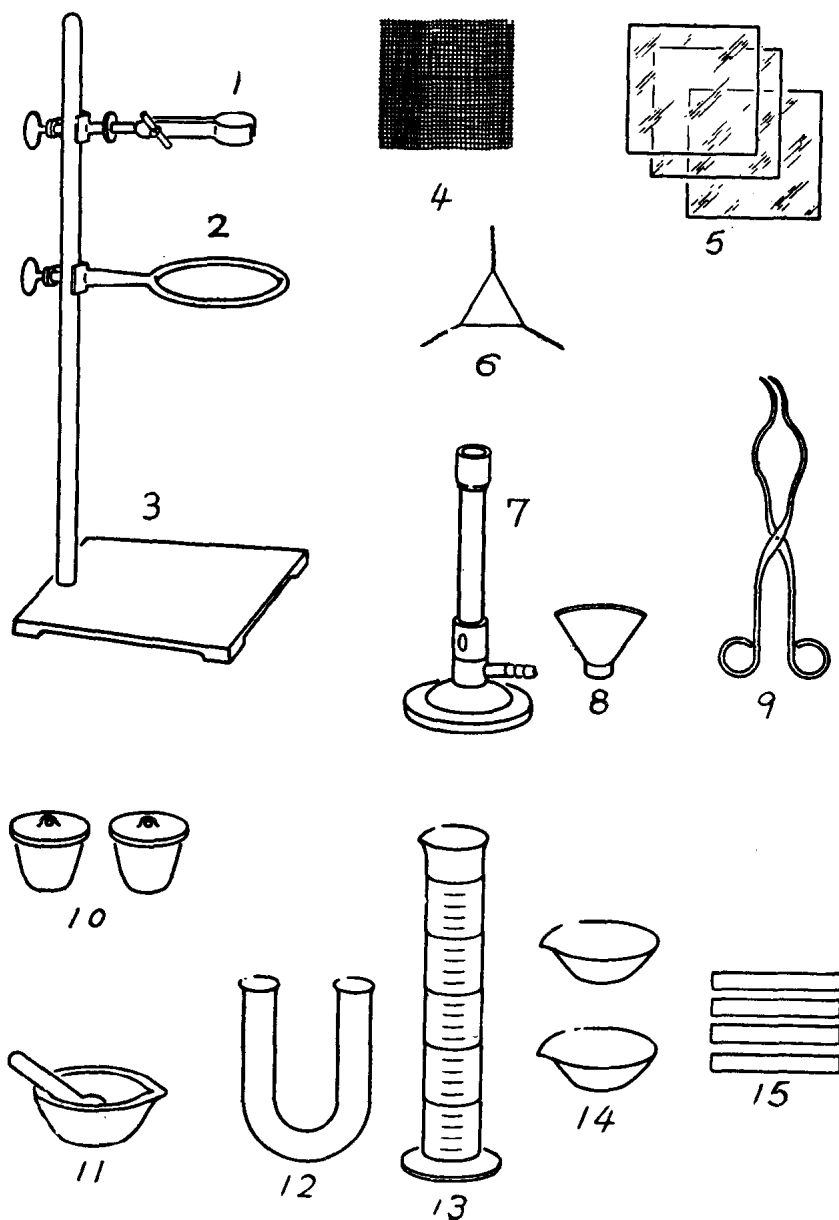
A. 安全事項	5
B. 記錄結果	6
C. 稱重	7
D. 關於液體的測量應注意事項	10
E. 本生燈（煤氣燈）之使用	13
F. 玻璃操作	14
G. 氧氣之製備	16
H. 氫氣之製備	17
I. 計算尺之使用	17

II. 實驗項目：

1. 固體之密度	21
2. 液體之密度：校準滴定管	25
3. 物質不滅定律	29
4. 定組成定律	33
5. 倍比定律	37
6. 熱與溫度	41
7. 測定原子量	47
8. 週期問題之研究	51
9. 計量化學	52

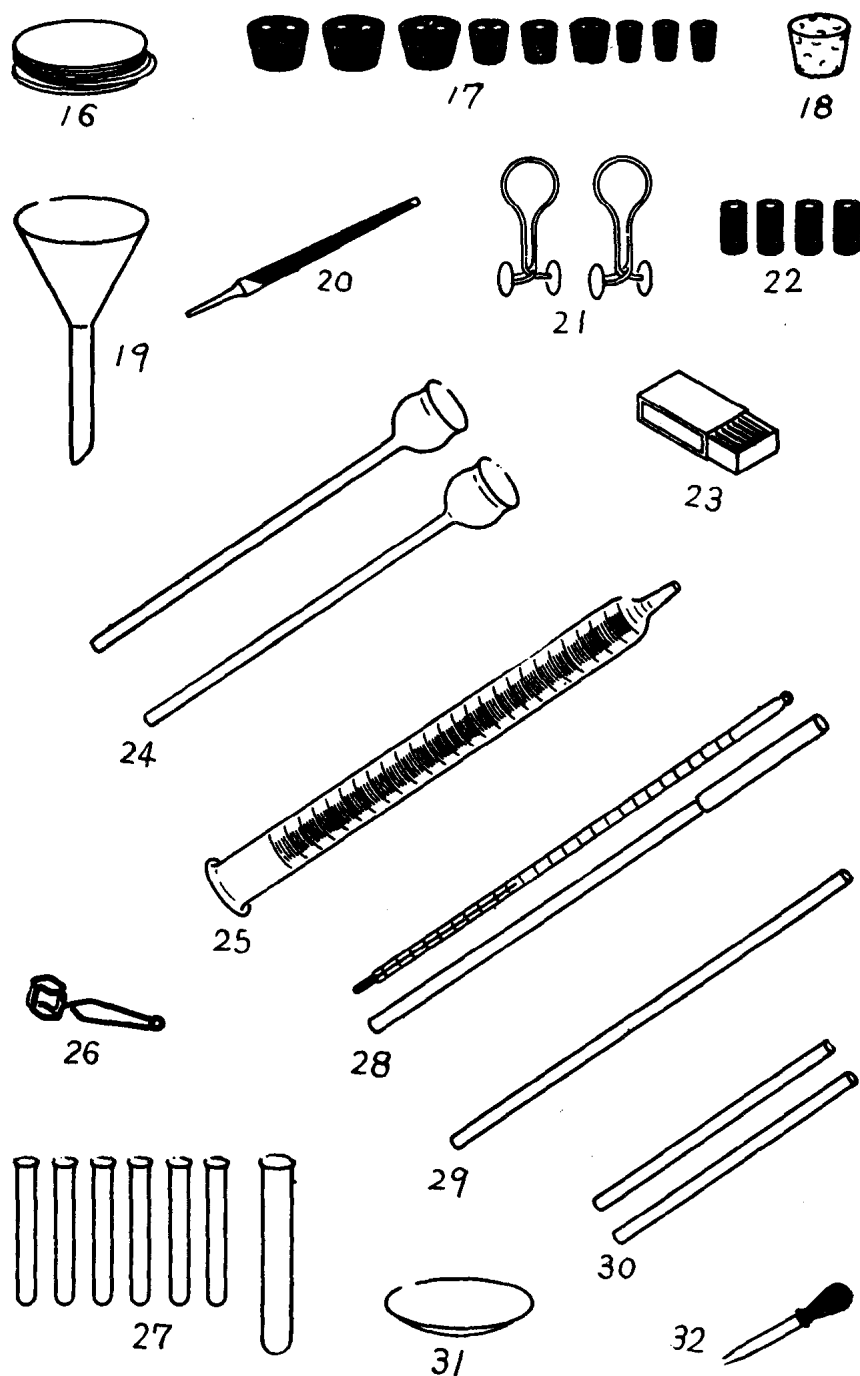
10.	氣體與絕對零度	55
11.	氧之克分子體積	63
12.	測定一可凝結蒸氣之分子量	67
13.	測定鎂的克當量	71
14.	週期問題之研究	75
15.	晶體構造之研究	77
16.	利用凝固點下降法測定分子量	81
17.	硝酸鉀之溶解度及其精製	85
18.	週期問題之研究	89
19.	化學動力學	91
20.	化學平衡	95

普通化學實驗室一般設備

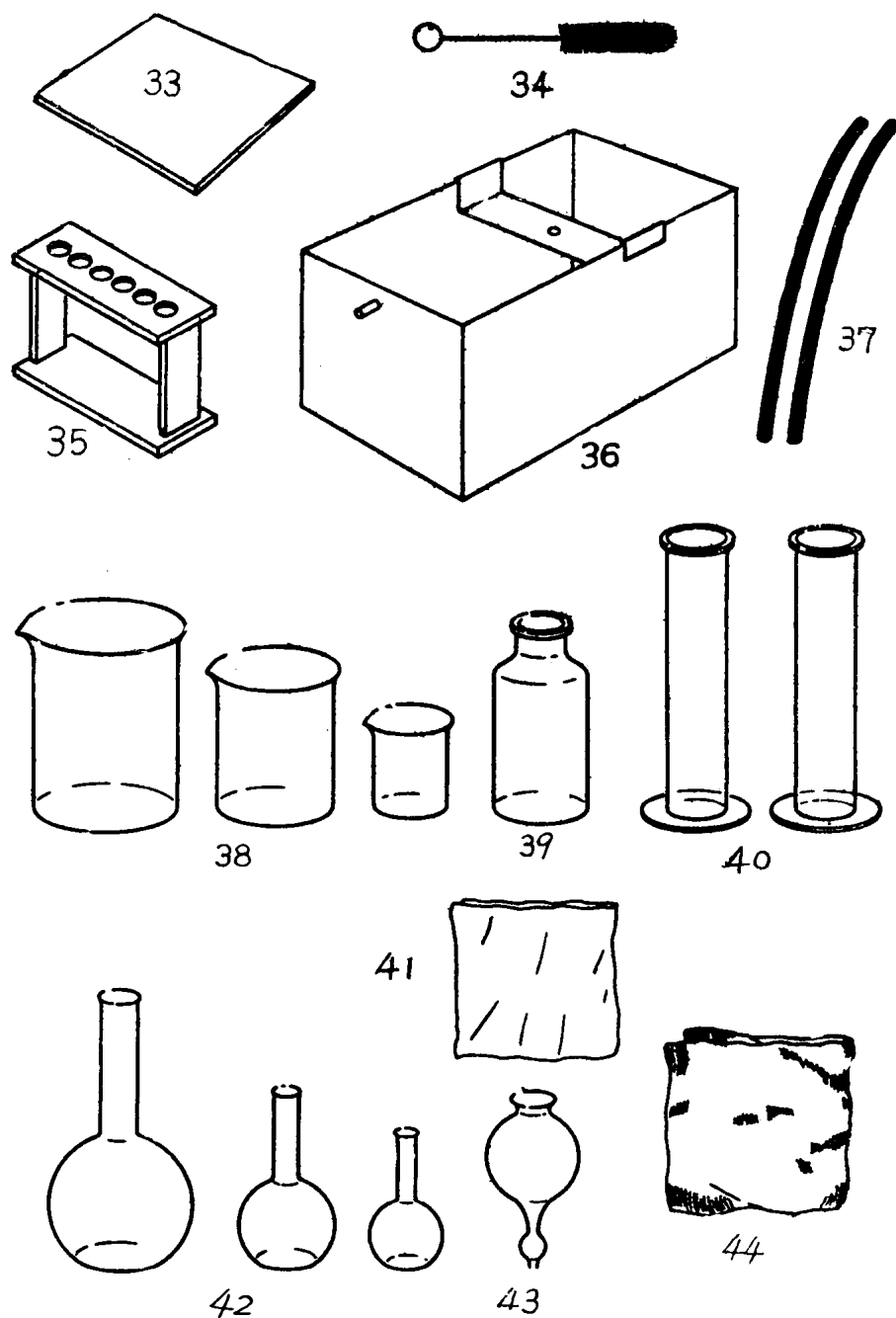


- | | | | | | |
|-----------|---------------|---------|----------|-----------|---------|
| 1. 鐵夾 | 2. 鐵圈 | 3. 鐵架 | 4. 鐵絲網 | 5. 玻璃片 | 6. 泥三角架 |
| 7. 本生燈 | 8. 魚尾紋(火焰散佈器) | 9. 坩堝鉗 | 10. 坩堝及蓋 | 11. 研鉢及玻杵 | |
| 12. U型乾燥管 | 13. 量筒 | 14. 蒸發皿 | 15. 夾板木片 | | |

2 普通化學實驗



- | | | | | | |
|-----------|----------------|----------|----------|----------|---------------|
| 16. 濾紙 | 17. 橡皮塞 | 18. 軟木塞 | 19. 漏斗 | 20. 銼刀 | 21. 節流 夾 (管夾) |
| 22. 橡皮連結管 | 23. 火柴 | 24. 薊頭漏斗 | 25. 量管 | 26. 試管夾 | 27. 試管 |
| 28. 溫度計及盒 | 29. 玻璃棒 (30公分) | 30. 毛細管 | 31. 表面玻璃 | 32. 醫用滴管 | |



- | | | | | |
|-----------------|---------------|----------|--------------|----------|
| 33. 石棉板 | 34. 試管刷 | 35. 試管架 | 36. 集氣槽 (水槽) | 37. 橡皮管 |
| 38. 燒杯 | 39. 細口瓶 (大口瓶) | 40. 無度量筒 | 41. 桌布 | 42. 平底燒瓶 |
| 43. 水準球管 (分液漏斗) | 44. 粗棉布 | | | |

個人儀器用具表：

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1 石棉板 | 1 鐵架：18in |
| 3 燒杯：100, 200, 600ml | 4 橡皮連結管：5cm |
| 1 廣口瓶：12盎斯 | 9 橡皮塞 |
| 1 帶有魚尾紋之本生燈 | 3 No.8, 2 孔 |
| 1 毛細管 (9in) | 1 No.5, 2 孔 |
| 1 鐵夾 | 1 No.4, 2 孔 |
| 1 粗棉布 | 1 No.4, 1 孔 |
| 2 坩堝及蓋 (No.00) | 3 No.1, 1 孔 |
| 1 坩堝鉗 | 2 呎橡皮管： $\frac{1}{4}$ in |
| 1 有刻度量筒：25ml | 2 呎橡皮管：3/16in |
| 3 無刻度量筒：125ml | 10 夾板木片 |
| 1 蒸發皿 (No.00) | 1 攪拌器：5mn×30cm |
| 1 銼刀 | 6 試管：16×150mm |
| 25 濾紙：9cm | 1 試管：25×200mm |
| 3 平底燒瓶 125, 300, 500ml | 1 試管刷 |
| 1 漏斗：65mm | 1 試管架 |
| 1 氣體量度管：50ml | 1 溫度計：-10至110°C |
| 3 玻璃片：10×10cm | 1 薊頭漏斗 |
| 1 分液漏斗 | 1 泥三角架 |
| 火柴 | 1 U型管 |
| 1 醫用滴管 | 1 洗垢布 |
| 2 節流夾 (試管夾) | 1 表玻璃：80mm |
| 1 集氣水槽 | 1 鐵絲網·10×10cm |
| 1 鐵圈 3in | |

如果作分析實驗時，每個學生另外加發內裝有下列試劑，2盎斯重滴瓶之箱子：

- | | | | |
|--|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 6M HCl | 15MNH ₃ | 1.7MCH ₃ CSNH ₃ | 3MH ₂ SO ₄ |
| 3MNH ₄ C ₂ H ₃ O ₂ | 2MNaOH | 6MNH ₄ Cl | 飽和 Na ₂ SO ₄ 溶液 |
| 2MNaHSO ₄ | 6MHNO ₃ | | |

同時也發給學生每人一隻 6in 長鎳鉻金屬絲及一個雙層厚之鈷玻璃片，要是再多發 5 隻試管對學生們更有助益。

1. 化學實驗之基本技術

(Techniques of Experimental Chemistry)

A. 有關安全應注意事項：

化學實驗室，雖非為一危險場所，但實驗者必需工作謹慎，使其成為一安全的地方。下列各段，乃敘述更重要且更該注意的事項：

(1) 眼睛的保護：

腐蝕性的試劑及飛濺碎片常會傷害到我們的眼睛，故每個學生，只要在實驗室裏工作，就必需隨時配戴一副安全眼睛（此乃指平常不戴近視眼睛者而言）。作有危險性的實驗時，人人都要仔細遵守規則，尤其不要危害到您鄰座同學。譬如加熱試管時，絕對禁止把試管口，朝向別人。萬一有突發事件，立即報告老師。眼部受到傷害時，馬上送到眼科醫生處診治。

(2) 割傷及燒傷：

實驗室內，割傷及燒傷為常見之事，故應注意以下數條規則，以防止之：

① 當將玻璃管（特別是薊頭玻管）插入橡皮塞時，切記先用水及甘油潤濕橡皮塞孔及玻璃管，以減少摩擦。如以粗抹布保護雙手見圖（A.1.），當屬智舉。並將左右手靠近，以減少玻璃管上的力量。前後旋轉橡皮塞以塞進玻璃管時，有時也需要經過數次的潤濕玻璃管莖，才能順利塞入。

② 截口玻璃處，有尖利毛邊，宜用火焰熔化使之平滑，此操作雖僅費數秒鐘的時間（見圖Sec F.），但却能保護您的雙手。

③ 欲將玻璃管由橡皮塞或橡皮裝置上拔出時，須先攏起橡皮塞，使稍與玻璃管分離，然後滴入少許水，扭轉橡皮塞，使玻璃管逐漸與之分離，若有必要，再潤濕玻璃管即可拔出。不得已連結得實在拔不開時，千萬不要用力拔出，可用剃鬚刀片，將橡皮塞割開除去。

④ 如玻璃塞與瓶口黏著時，可用木塊（或試管架），輕擊玻璃塞，使之分離。其仍固著瓶口，請老師幫忙您取出。

⑤ 切勿用手拾取灼熱之玻璃。熱玻璃與冷玻璃外表完全相同，故不能確知其冷熱，宜

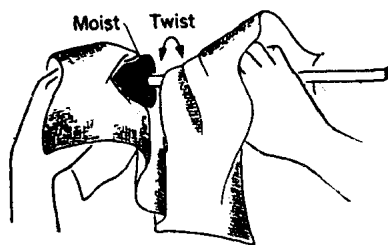


圖 A.1

6 普通化學實驗

用鉗子夾取之。

⑥ 所用玻璃儀器，若有裂縫或破碎時，不但能妨礙實驗之進行，更糟的有時會傷害自己或別人。確知儀器已損壞了，立即丟棄之，再換上新裝置。

⑦ 實驗過程中有任何傷害馬上報告老師設法處理之。

(3) 有毒性的試劑：

① 大部分試劑，皆深具毒性。如非實驗指示，切勿隨意嚐試——化學試劑。

② 普通常用物質，像四氯化碳，苯及汞都有毒性，非常危險。盡可能避免長時間觸及這些液體或其蒸氣。故加熱有毒性之液體時，必需要在通氣設備之烟櫥 (hood) 內進行之。

③ 偶而欲辨別物質之臭味時，可用手將部分蒸氣，攝至鼻孔處嗅之（見圖 A.2 乃為正確方法）。嚴禁直接從試管口吸入蒸氣，以辨其味道。

④ 另一可能導致中毒之危險，為由手沾污，不慎吃入口中。某些毒物，如苯 (benzene)，可能被皮膚吸收。故每次與毒試劑接觸後，於離去實驗室前，必須養成先將手洗涮乾淨之習慣。

(4) 基本注意事項：

① 尤其是作危險的實驗時，必需特別謹慎遵守指示。凡未經許可之試驗，切勿擅自試驗。

② 如您想變更或補充所指定之物質時，先詢問老師，得到允許後，才作變換或補充。任何不負責任之行爲，會遭到被逐出實驗室之惡運。

③ 用任何試劑前，要再三檢查瓶上標籤，待確定不是拿到錯誤試劑後，才使用之。一些爆炸事件，常由於個人不經心之錯誤所引起。

④ 實驗室中，絕對禁止吸煙。



圖 A.2

B. 記錄結果：

作真正研究工作的化學者，皆認為筆錄本 (note book)，是最有價值的財產，因為筆錄本，是記下所作及所獲成果，一旦遺失掉，將是一件不幸的災難。更有甚者，筆錄本能保存下來，以後不僅自己可查閱，就是對其他的化學家；亦有深刻的意義存在。

本段乃描述，如何記下實驗結果的數據：當一得到結果時，立即用筆（鋼筆鉛筆之選擇，視老師而定）記錄下。記錄結果務求字跡清晰，簡明扼要。無論屬於性質方面或屬於數量方面之結果，均須一一記筆錄本上。有關性質方面之結果，可儘量用簡單明瞭之文字記載之；至於有關數量方面之結果，必須註明其單位及所測之項目，更須注意有效數字 (Significant Figures) 之應用。

此外當由實驗所得之數據，計算其結果時，應將特別計算方法表明。表明之方法，可應

用一實例之計算，並將各數字之單位註明，或列一普通算式 (general expression)，將實驗各數據間相互結合之關係表出。例如欲求某一未知樣品之密度 (density)，可寫：

$$\text{未知樣品之密度} = \frac{27.1 \text{ 克}}{22.6 \text{ 毫升}} = 1.20 \text{ 克/毫升}$$

或
$$= \frac{\text{未知樣品之質量}}{\text{未知樣品之體積}}$$

上述兩例子，皆未將詳細算法列法，因為可在雜記紙或筆錄本不引人注目之處，計算出。

本實驗書，前幾個實驗皆列出空白處，讓學者表達該實驗所需之特殊數據，但後幾個實驗時，則無空白表達地方，故學者須自己決定，實驗中該觀察何現象，實驗時該記錄何數據。如果覺得疑惑時，可請問老師，以免忽略了應該計算之值。

C. 稱 重

化學實驗中，常操作之手續，乃為測定物質之質量或其重量。一未知重量之物，可藉已知重量之物比較後，即可測得其重量了。至於如何比較兩者之重量，則需利用天秤。一般常用天秤分為下列三種型式：

1. 臺秤：

臺秤常見者有兩種，如圖 C.1 所示。如用左方之型式，則將欲稱之物置於其左方之秤盤上。用鑷子選取較重之砝碼，置於右方秤盤。然後移動橫樑上較小之砝碼，使指針左右擺動之距離，幾乎相等時為止。稱量完畢後，先檢視砝碼盒中之空位，計其總和；次用鑷子從秤盤上取砝碼回盒時（依大小次序），再將重量計算一次，兩相核對，以免錯誤。如用右方之臺秤，則移動三橫樑上之砝碼，使最右端之指針，上下擺動之距離相等，即可計其重量。臺秤如應用恰當時，其精確性可達 0.1 克。為防止秤盤受侵蝕起見，切勿將化學藥品直接置於金屬盤面上，可用一容器盛之。若固體時，則可用一張已稱重之物包裹欲稱重之物然後稱重之（用稱重紙時，亦要沿紙對角方向向內摺疊，以防藥品溢出）。

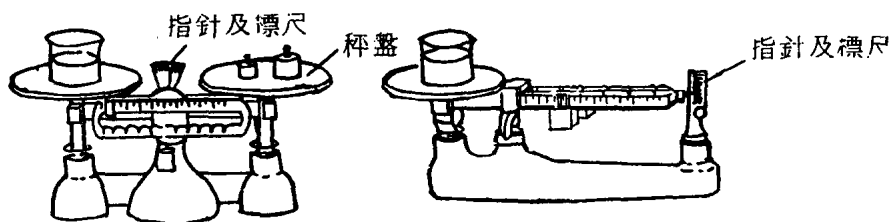


圖 C.1

2. 雙盤天平：

第二種常用天秤，為雙盤分析天平，如圖 C.2 所示。其主要原理與雙盤臺秤一樣。中間有一水平橫樑，橫樑兩端各懸掛一個稱盤，中點處有一刀口，以一平滑而堅硬之平面支持之。此刀口之接觸面，為天平最精細之部分，故須小心應用，以防長時間或嚴重損壞。此外另有兩相似之刀口裝於橫樑懸掛二稱盤處。為避免此三刀口受到損壞起見，除非觀察測重時，否則橫樑與稱盤，平時皆由裝於下面之橫樑支架及稱盤支架，加以固定成閉鎖狀。因此當①變換欲稱重物，或已知砝碼時②開關天平盒蓋時③用完天平後，必須皆讓橫樑及稱盤固鎖起來。橫樑支架由天平盒子底部，位於中間之鈕，加以控制（有些天平，僅用同一個鈕，控制橫樑及稱盤之固著）。另外有一鈕位於其左方，用以控制稱盤支架。橫樑之偏轉可由與其連接之長指針之擺動觀察之，指針擺動之位置又由一帶有刻度之標尺讀出。一般粗製天平，直接把砝碼置於右稱盤內以稱重；但精細天平，則沿橫樑控制一金屬游碼而稱重之。此游碼乃突出盒右邊頂部之棒上的鉤子而操作。（整學期，您將保存指定是您的天平，小心使用，若有損害個不準確時，您將負全權之責）。

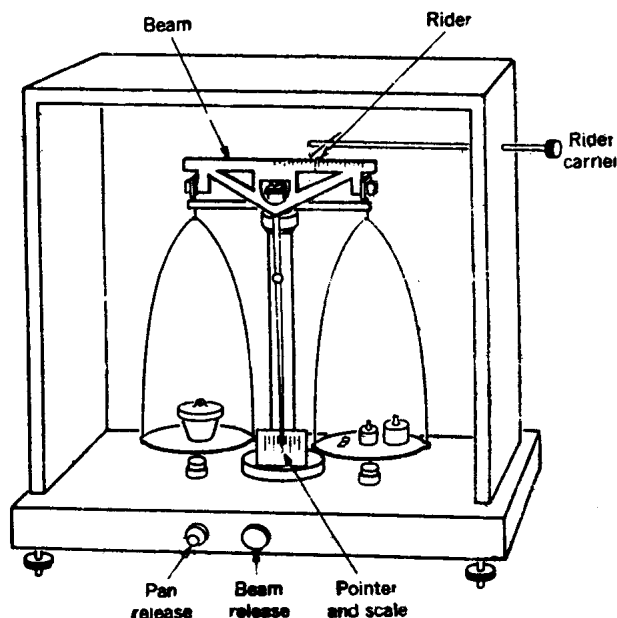


圖 C.2

每一架天平，皆有其固定的砝碼盒。

砝碼大者（1至50克），成圓柱體，其頂端刻有表示克數之數字；砝碼小者，成片狀，其上示有表示重量之數字（1克=1000毫克）。砝碼除了放在稱盤上外，其餘時間砝碼必定在砝碼盒裏。取用砝碼時，須用鑷子夾著，切勿以手指動它。嚴禁向鄰座同學借用砝碼，只准取用自己盒內的砝碼。如果有破損時，立即報告老師處理。切記砝碼一如天平一樣受到重視。

游碼係一鋁或鉑製之細絲、淨重 10mg，若將其置於橫樑十刻度處，乃表示有 10mg 之重；若把游碼沿橋樑朝左邊移動時，則其有效重量減少至橋樑上刻度指示之數值。萬一游碼墮落盒底，切勿擅自取回，請老師幫忙。

雙盤分析天平使用之手續：

(a) 測定天平之休止點：先注意稱盤是否清潔，橋樑及稱盤之支架與刀口是否在正當位置然後移動游碼使之離開橋樑。開啓橋樑及稱盤支架，使指針徐徐擺動至平穩時，定出擺動中點，此點即為“休止點”，代表指針最後停止之點（如休止點與標尺中心多於三分格，應立即報告老師，加以調整）。由於摩擦及空氣阻力，使擺動之弧長逐漸減小，故標尺上最

後讀數，必須記錄與最初讀數為同一方向者。

(b) **稱盤上之物體與砝碼間之平衡：**秤盤與橋樑被支持不動時，將欲稱之物置於左方稱盤中間，用鑷子選取幾與其等重之砝碼，置於右方稱盤中間。徐徐開啓橋樑與稱盤支架，觀察指針擺動之方向如向。左方擺動，表示砝碼過重，必須另換較小之砝碼（每次換砝碼時，必須將橫樑與稱盤固定）。如向右方擺動，則須增加較多之砝碼，選取較重之砝碼替代之。直至欲稱之物較已知砝碼之重，不超過一克時止。同樣加毫克之砝碼至右方稱盤，直至欲稱之物，較已知砝碼之重不超過 10mg 時止。

(c) **調整游碼：**最後關閉天平盒門，使橫樑仍固定不動，將游碼移至橫樑刻度右方“5”之位置，開啓橫樑及稱盤，定出擺動之休止點。如此休止點所在之位置較空盤之休止點為右時，則表示砝碼之重（加上游碼）較輕。再關閉橫樑，向右方移動游碼，再定其休止點。如此點在空盤休止點之左，再關閉橫樑，將游碼向左移動，如此者整其位置，直至擺動之休止點與空盤之休止點相差在一分格以內。此時稱量即告完畢。

(d) **計算砝碼：**砝碼之計算常較稱重易於引起誤差，故必須仔細且有系統地記錄之。當砝碼仍留在稱盤上時，先將所用之砝碼由最重要者開始，按直行逐一記下其數值於數據本內。同時亦記下游碼所稱之重量。然後用鑷子將砝碼一一夾出放回盒內，一面與所記載者核對。最後再計算砝碼之總重量。

稱量完畢後，注意將橫樑與稱盤支架關好，砝碼放回原處，將任何傾出於天平附近之化學藥品擦拭乾淨，再將天平盒門關閉。然後將砝碼移回至“0”處，將砝碼桿推回天平盒內，如此可避免天平因碰撞游碼桿而造成意外損壞。

3. 單盤天平：

實驗室內常用之第三種天平為單盤天平見圖 C.3。其操作乃利用稱重置換的原理，亦即利用已知重量之物來替代未知重量之物，最後扣除需要使天平達成平衡之重量。C.4 圖表示一標準單盤天平內部之構造圖；最初空盤時，所有“能移動之砝碼”皆就定位，由於平衡砝碼可使天平保持平衡（此平衡可藉光刻度表示）。若把欲稱重之物放於盤中後，一些能移動之砝碼，則被移開橫樑，以保持天平上近似平衡，其中不平衡之力能使橫樑微微傾斜，藉著傾斜大小投影在光刻度上，我們即可稱出未知物之重了（其重量等於被移開砝碼重加上光刻度讀數）。而平衡砝碼之功能，乃在避免橫樑振動之緩衝器。

操作單盤天平之手續：詳細步驟，依天平而定，但一般使用過程，述之如下：

① 橫樑按鈕旋開下，轉動空天平之零點按鈕，使光刻度讀數為零，亦即將其天平歸零。

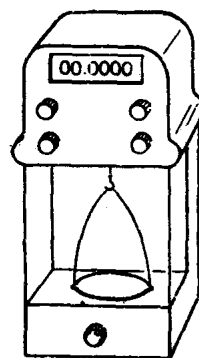


圖 C.3

② 橫樑按鈕關閉後將欲稱重之物放入盤內。

③ 旋開橫樑按鈕，同時轉動刻度盤（砝碼），使至正確位置。

④ 先旋轉最大單位之刻度盤（10克）。後慢慢增加直至光刻度指出過剩砝碼被移開為止，再往回轉一刻度，若仍太多，再轉至下一刻度單位。

⑤ 待最小單位之刻度盤已定好位時，完全鬆動橫樑按鈕並讀出欲求之重量。

操作單盤天平，注意事項：

④ 減少儀器的振動，無論何時皆避免撞擊天平盒或桌子。

⑧ 步驟①及⑤，讀數值時，亦不能觸及天平盒或桌子任何部位。

⑨ 謹慎仔細，保持盒內清潔，隨時瀾清溢出之化學藥品，視單盤天平一如雙盤天平般的重要。

⑩ 作完實驗後，關閉天平盒蓋。

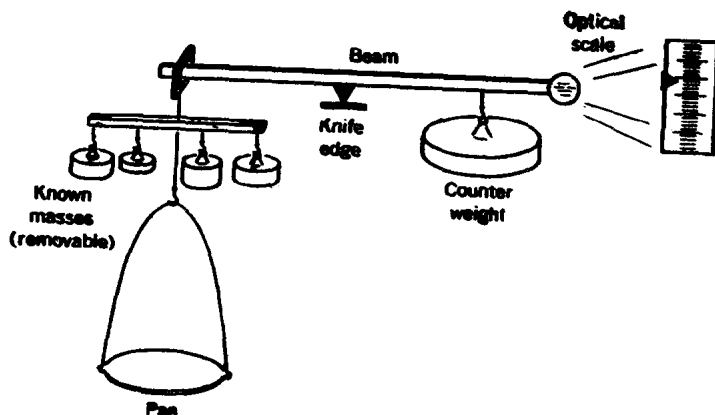


圖 C.4

D. 關於液體測量應注意事項：

(1) 液體體積之測定：

欲測某一液體樣品分量之多少測其體積遠較重量為方便。體積之測定可用兩種方法：一為用帶有刻度之量筒見圖（D.1），另一為用滴定管（見圖 D.2）

用量筒讀取液體之體積時，可將量筒持正，使與眼睛等高，視線與液面之凹部（彎月形）相齊，而此凹部靠近中間部分為平坦，注意此平坦部分相當於量筒刻度上之位置，則可讀出液體之體積，此讀數可精確至 0.1ml。所用之量筒必須清潔，其理由有二：一為污物之存在，使此實驗物質不純。二為使量筒所測之體積不準確。因洗滌玻璃儀器最有效之方法為用

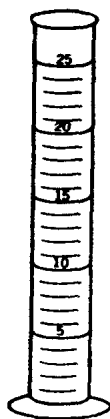


圖 D.1

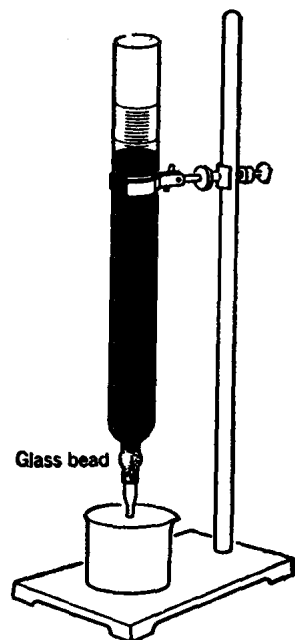


圖 D.2