

无机化学实习

C. A. 巴列金等著

高等教育出版社

无机化学实验

C. A. 巴列金等著

宋振铎 徐福格译

高等教育出版社

本书系根据苏联苏维埃科学出版社 (Государственное издательство «Советская наука») 出版的巴列金 (С. А. Бalezин)、拉祖莫夫斯基 (Г. С. Разумовский)、费利柯 (А. И. Филько) 等合著“无机化学实习” (Практикум по неорганической химии) 1951 年版译出。

原书经苏联高等教育部审定为师范学院生化系教学参考书。

无机化学实习

С. А. 巴列金等著

宋振鐸 徐福格译

北京市书刊出版业营业许可证出字第 119 号

高等教育出版社出版 (北京景山东街)

人民教育印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 K13010 · 1234 开本 850 × 1168 ¹/₃₂ 印张 9 ⁶/₁₆

字数 248,000 印数 0,001—1,200 定价 (5) ¥0.90

1966 年 1 月第 1 版 1966 年 1 月北京第 1 次印刷

序 言

本書包括師範學院理科的普通化學(無機化學)課教學大綱所有內容，並增添了一章以述說無機化合物之合成。後者是這門課程實驗的總結，同時也是學生們對實際知識和理論知識掌握得如何的一個很好的檢查。無機化合物之合成，對將來要作化學教師的學生們有很重要的意義，因為這能訓練他們具有製作化學製品的獨立工作技能。

在本書中，除了講解一些實驗之外，在每個實驗內還包括着很簡短的理論敘述和練習的材料。理論敘述應使學生們的注意力集中在和該實驗有直接關係的教學材料上，並能保證學生們了解最低限度的實驗準備知識，以便能在實驗室作實驗。這些敘述無論如何不得代替教科書中內容較深之教材。

在每個實驗之後，都附有練習和習題。這些東西很能幫助鞏固所學過一課之知識，並使理論與實際結合。

全書所需時數是按100小時的實驗課和討論課而計算的。每個實驗是按2—3小時的時間所計算，但其條件是必須事先將實驗準備妥善。

如要充實每課中之理論材料和實際材料，必須要求教師和實驗員進行很好地組織起來的工作：很好地組織學生的實驗，事先測驗學生對實驗的準備程度及檢查其實驗後之結果。

在本書內所寫之實驗比按照教學計劃的時間所能作到的實驗較多，這是為了使實驗指導教師針對自己實驗室的情況(設備、所有的試藥等)有可能挑選其中在實驗室現有的條件下，能够辦得到的實驗。

此書原稿曾經列寧命名的國立莫斯科師範學院普通化學及無機化學教研室C. Д. 別斯科夫、B. B. 費利得及Л. B. 巴別奇等同志校閱，並提出很多重要的意見，在這裏本書作者對他們表示感謝。——作者。

目 錄

序 言	
第 一 章	實驗室實驗的技術..... 1
第 二 章	化學反應的類型..... 24
第 三 章	羅蒙諾索夫定律..... 26
第 四 章	氣體定律..... 29
第 五 章	當量的測定..... 35
第 六 章	根據氣體密度測定分子量..... 38
第 七 章	原子量的測定..... 43
第 八 章	化學式..... 47
第 九 章	根據化學方程式的計算..... 55
第 十 章	門德雷也夫的元素週期系..... 58
第 十 一 章	氧..... 63
第 十 二 章	酸和鹼的製取..... 68
第 十 三 章	鹽的製取..... 72
第 十 四 章	氫..... 77
第 十 五 章	過氧化氫..... 81
第 十 六 章	質量作用定律..... 84
第 十 七 章	溶液..... 89
第 十 八 章	溶液的製備..... 99
第 十 九 章	電離..... 111
第 二 十 章	電解質溶液中的化學平衡..... 117
第 二 十 一 章	氧化—還原反應..... 122
第 二 十 二 章	氯和氯化氫..... 131
第 二 十 三 章	氯的含氧化合物..... 136
第 二 十 四 章	溴、碘和它們的化合物..... 141
第 二 十 五 章	硫、硫化氫..... 148
第 二 十 六 章	二氧化硫、亞硫酸..... 153

第二十七章	硫酸、硫酸鹽、硫代硫酸鹽	157
第二十八章	催化作用	162
第二十九章	氮和氨	166
第三十章	氮的含氧化合物	171
第三十一章	磷	177
第三十二章	水解	183
第三十三章	砷、銻、鉍	187
第三十四章	碳	193
第三十五章	矽	201
第三十六章	膠體溶液	205
第三十七章	錫和鉛	210
第三十八章	硼和鋁	215
第三十九章	鎂與碱土金屬	221
第四十章	碱金屬	226
第四十一章	絡合物	229
第四十二章	銅與銀	236
第四十三章	鋅與鎘	243
第四十四章	汞	247
第四十五章	鉻	252
第四十六章	錳	256
第四十七章	鐵、鈷與鎳	261
第四十八章	無機合成	269
附 錄		
1.	化學元素的原子量	286
2.	各種溫度下的水蒸汽壓力(mm 水銀柱高)	287
3.	空氣在水中的溶解度(100 單位體積水中溶解的空氣體積數)	287
4.	鹽和鹼在水中的溶解度(18° 時)	288
5.	不同溫度下幾種鹽類的溶解度(對 100 克水的克數)	289
6.	酸、鹼溶液的百分濃度和比重(15° 時)	289
7.	幾種電解質的離解度(18° 時)	290
8.	幾種弱電解質的離解常數	291
9.	幾種難溶物質的溶度積(在室溫下)	292
10.	幾種絡合物的不安定常數	292
習題答案		293

第一章 實驗室實驗的技術

一、實驗秩序

在實驗室內進行實驗時必須嚴守下列規則：

1. 要預先將課堂講義及教科書內有關實驗的部分讀過，並先熟悉一下實驗內容。
2. 在未經檢查過實驗所必需的東西（用具、裝置和試藥）是否全部準備好之前，不要開始作實驗。
3. 在實驗時要正確遵守秩序及實驗指導書內所指示的實驗順序。
4. 要遵守所有必要的預防辦法（必要時在通風櫥中進行實驗，並慎重地對待易燃物質及危險物質）。
5. 要仔細注意實驗的進行，並記住所有實驗的細節。
6. 作完實驗之後，要將實驗的地方整理好。
7. 在實驗完了之後，要立即把所有觀察到的結果和發生反應的方程式，寫在專用的筆記本內。
8. 在記載時應該指出：日期、題目、實驗內容（要繪出實驗裝置的略圖或系統圖）、觀察到的結果、反應方程式、計算及結論。在筆記本內要留一塊空白，以備教師作批改用。

二、試藥使用規則

溶液及乾燥的試藥，要貯藏在塞有玻璃塞（磨過的）、膠皮塞或軟木

塞的玻璃容器（玻璃瓶、玻璃罐）中。在每個裝試藥的玻璃瓶或玻璃罐上，必須要有寫上試藥名稱及指出試藥質量（工業用、純、分析用純、化學純）的標籤。要是溶液時還要記上濃度。

在使用試藥時必須遵守下列規則：

1. 如果沒指出試藥的用量，則儘可能要用最少量的試藥（節省藥品並節省實驗時間）。
2. 剩餘的試藥不要倒出，也不要倒回原來由其中取出的容器中。
3. 用完試藥之後，要立刻將試藥瓶或罐用塞子塞好，並送回原處。
4. 取乾燥的試藥時，須使用角製的、磁製的或金屬的匙或鏟（刮鏟），這些匙或鏟必須經常保持潔淨和乾燥。用完之後要仔細地將它們擦乾淨（最好用濾紙）。
5. 如果用吸移管吸取試藥時，在未將它洗淨之前，無論什麼時候也不得用它再由另外的玻璃瓶中吸取試藥。

三、在實驗室內實驗時的預防辦法

1. 對所有有毒物和有不好氣味的物質作完實驗時，都要在通風櫥內來進行。
2. 不要很近的低頭傾向容器聞所放出來的氣體。如果需要聞時，則小心地用手輕輕使空氣流由容器轉向自己去聞。
3. 在稀釋濃酸時，特別是稀釋濃硫酸，一定要將酸注入水內，而不要將水注入酸內。
4. 在注入試藥時，無論何時也不要將身體傾向於容器的上方，這是為了避免試藥飛濺到臉上或衣服上。
5. 在加熱液體時，不要將身體傾向於容器的上方，因為有時可能由容器中濺出液體。
6. 在加熱試管時，不要將管口面向自己或面向別人。
7. 如果有液珠濺到臉上或手上時，必須立刻用水沖洗和用毛巾擦

乾，如果是濃酸的液珠，則要用多量的水沖洗，然後再用稀薄的蘇打溶液沖洗傷處。如果是鹼時，則要用水一直沖到傷處不再發滑為止。

8. 所有的實驗，如有揮發性易燃物質時，都要距離火焰稍遠些，並儘可能在通風櫥中來進行。

9. 在熄滅燃着的汽油、酒精、乙醚時，要利用砂子將火焰蓋上。

10. 被燈焰或灼熱的物體燒傷時，要將傷處塗上濃高錳酸鉀溶液，最好還是用結晶的高錳酸鉀將傷處擦淨，直至傷處皮膚呈暗褐色為止，或將浸滿醫治燒傷藥水（由藥匣中取）的藥棉花塗在傷處。

11. 在中毒和嚴重的燒傷時，須立刻請醫生治療。

12. 在離開實驗室之前，要檢查一下瓦斯燈的活栓是否閉好。

四、天平及其使用法

天平乃是化學實驗室中所必需的設備。因此，要求每個在實驗室工作的人員，必須學會使用天平。

一般在化學實驗室內所使用的天平，有粗稱用天平（托盤天平或上皿天平）、化學天平和分析天平。

粗稱用天平（買賣用）是在所稱的物質之重量多 1~2 克或少 1~2 克也沒有什麼關係時使用的。

化學天平限於要求重量的準確度達 0.01 克時使用之。在作合成實驗時，常常使用此種天平，來稱量各種原料及製得的生成物。

分析天平是最精密的天平，主要是在作分析實驗時使用。在這種天平上進行稱量，其精確度達 0.0001~0.0002 克。

每種類型的天平都附有自己的砝碼：普通砝碼在粗稱量時用，精密砝碼化學天平用，分析砝碼分析天平用。用在化學天平或分析天平上的砝碼，都是裝在專用盒子的整套砝碼，稱為小砝碼。普通砝碼在使用時可以用手拿，精密砝碼和分析砝碼使用時，則不可以用手拿，因為會直接影響到砝碼的精密度，所以每套小砝碼都附有鑷子，在稱量時要用

它來夾取砝碼。

粗稱用天平(圖1)可以放在任何桌子上來使用。

如果要稱某種東西(例如,裝有試藥的玻璃罐、儀器等),就把它放在左面的秤盤中,而砝碼放在右面的秤盤中。首先放入較大的砝碼,然後放較小的,一直到平衡為止。

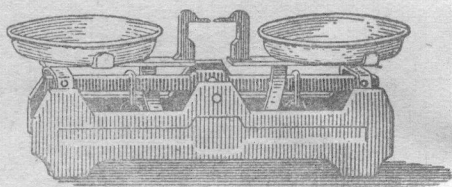


圖1 粗稱用天平。

在稱量粉粒狀的材料時,不要直接放入稱盤內,要盛入事先稱好的(即事先已秤出其重量的或事先用其他重物已使其平衡的)盒子、盤、箱子內。

在稱量液體時,要設法不要把液體撒在秤盤上。在稱量酸類時,必須特別注意這一點。

化學天平(圖2)放在桌子上時,要注意使支柱1嚴格地垂直。在必要調節螺絲腿2時,要力求懸錘垂直對好位置以便使天平達到垂直。

在化學天平上進行稱量是比在粗稱用天平上複雜的。

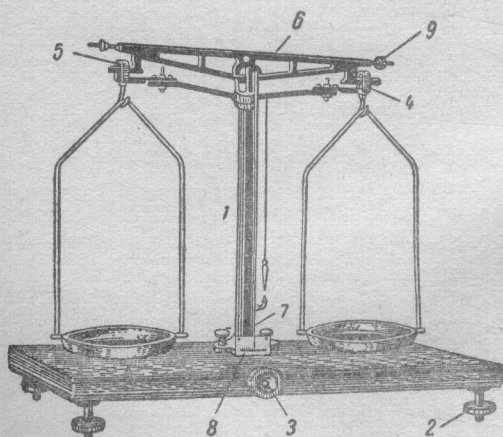


圖2 化學天平。

化學天平有一種裝置,稱之為支架,當不使用天平時,它們便支持着秤盤,因而解除了天平上三稜柱的荷重。如果要使用天平時,須使支架落下。為此目的備有圓鈕(有時是把手)3,在擰轉圓鈕時,支架便自動落下,而秤盤便掛在鉤環4上,該鉤環靠在橫桿6上的三稜柱5上。

當進行稱量時，首先要使天平準確，然後天平指示的重量才是正確的。爲此目的則放下支架，看一看指針 7 在刻度尺 8 上的位置。

如果天平已裝置好並很正確時，則其指針在刻度尺上，由中心向左右偏向的距離是相等的，這就是證明兩個秤盤的重量已經平衡了。

如果指針偏向的距離不相等時，則轉動螺絲 9 使其平衡。

當我們已確知天平達到平衡時，則開始進行稱量：將要稱量的物體放在天平的左秤盤內，而向右秤盤內放入砝碼，砝碼放入的順序是先放較大的。向秤盤內放入或向外拿砝碼時必須支着天平。

放上砝碼之後，落下支架，開始注視指針，如果不平衡時，重新支起天平放入其次的砝碼，如此繼續到平衡爲止。

當指針向左右偏向的距離相等或差不到一刻度時，稱量才算終了。

按照砝碼盒內的空巢，把每個砝碼的重量記下來，並加在一起求出總重量，然後把砝碼放入砝碼盒時，再將求得的重量校對一回。

在化學天平上稱量粉粒狀的材料時，要將這種粉粒狀的材料放入預先已經稱量好的小燒杯內或紙上來進行稱量，要先用同樣一張紙使之與它達到平衡。

使用分析天平稱量時，通常是在單獨的天平室的來進行。分析天平放在專用的枱子——攔板上，而攔板要很牢固地固定在牆壁上，爲的是預防天平不要受到震動。

分析天平（圖 3）和化學天平相似，也裝着支架，但所不同的就是它的構造較比複雜和精巧。

分析天平是經常裝在玻璃箱中，玻璃箱的前壁可以向上抽起來，同時兩邊還有門。兩邊的門只是在需要向秤盤內放入要稱量的物體和砝碼時或拿出它們時才打開。

在分析天平的一套砝碼中，一般是不包括小於 0.01 克的小砝碼；此種小砝碼是用游碼來代替，用游碼可以稱量到千分之一至萬分之一克的重量。

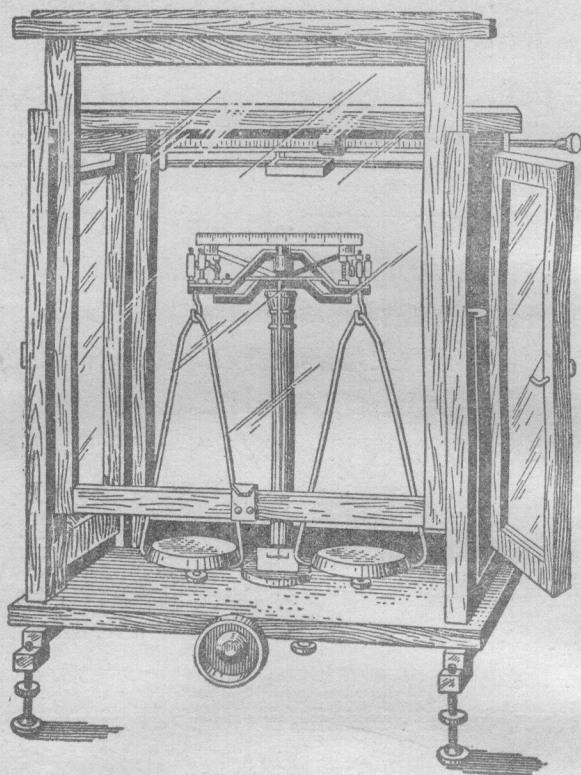


圖 3 分析天平。

游碼(圖 4)是一條白金絲或鉛絲,其重量為 1 毫克,使用時把它放在分析天平的槓桿上。天平槓桿之兩臂各分成十等分(長線),每一個這樣刻度都相當於 0.001 克;如果把游碼放在第一個刻度上,則相當於載重 0.001 克,放在第二個刻度上,則相當於載重 0.002 克等等。把用長線分成的每份長度,再用短線分成 5 等份,那麼用短線分成之每一等份,則相當於 0.0002 克。



使用分析天平進行稱量之前,須檢查一下天平是否已經調節正確。

圖 4 游碼。

當將支架很輕的落下和支起時，指針應當保持平穩的動作。當指針移至刻度尺之中間位置時，才可以將支架支起來。當向秤盤內放入或取出荷重（砝碼，所稱量的物體）和移動游碼位置時，天平必須用支架支起來。

在稱量時應打開兩側的玻璃門，而前面的門不要打開。打開或關閉玻璃門時，必須將天平用支架支起來。

在化學天平和分析天平上進行稱量，必須嚴格遵守下列規則：

1. 不可向秤盤內放入灼熱的、濕潤的和污穢的物體。在稱量液體時，無論何時也不要將液珠掉在秤盤和砝碼上。

2. 不要把所稱量的物體直接放在秤盤上。

3. 將要稱量的物體放在左邊秤盤上，而將砝碼放在右邊秤盤上。所稱量之物體和砝碼都應該放在秤盤的中央。

4. 取砝碼時，必須使用鑷子；由天平上取回砝碼時，必須將它們放入原來的位置內；不要將砝碼放在桌子上，因為很容易使砝碼弄髒或丟失。

5. 進行稱量時，不得由其他一套砝碼中取用砝碼。如果在稱量時，發現某種砝碼不夠用時，這說明在稱量時，沒有遵守正確的稱量順序。

6. 在一個實驗內，如果需要按次稱量各種不同的物質時，則應該都使用同一的天平和砝碼。

7. 稱量之後，任何東西也不得殘留在天平上。

8. 用完天平之後，須檢查一下天平和砝碼，並將天平支起來。

五、燈

在實驗室內進行加熱，是採用各種不同的用具：酒精燈、瓦斯燈、平板電爐及電氣爐等。

酒精燈一般是玻璃的，並有磨口的玻璃罩（圖5）。燈上備有棉花作的燈捻。向燈內不可倒入變質很厲害的、作廢的或弄髒了的酒精。

酒精燈的火焰並不甚熱，並且也不經常用。用試驗管進行實驗時較比方便。用完之後，就用玻璃罩將燈蓋上，以免酒精蒸發。

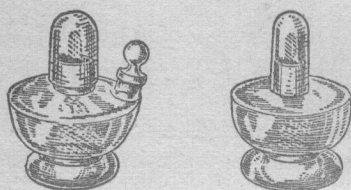


圖 5 酒精燈。

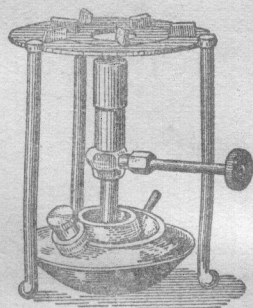


圖 6 汽爐子。

在沒有裝備瓦斯管子的實驗室內，常用各種的汽油燈或煤油燈（汽爐子）（圖 6）。所有這些爐子都差不多，並且它們的使用規則幾乎是相同的。此種爐子附有環狀的溝槽，在點火時，首先在溝槽內燃燒少量的汽油或酒精。當爐頭够熱時，便向貯油器內打入空氣，在空氣的壓力下，汽油或煤油便進到燃燒口。要想熄滅汽爐子時，須將開關擰開，將空氣放出來，或者將汽油或煤油的輸送管上的開關閉上，然後再將空氣由貯油器內放出來。

如果在實驗室中有瓦斯，在加熱時通常使用瓦斯燈：使用簡單的瓦斯燈或有調節器的瓦斯燈。

煤氣是順着管子直通實驗室的，此管子在實驗檯的一端，其頭上有開關器。瓦斯燈是用橡皮管與開閉器接起來的。

煤氣中含有毒的混合物（燃燒後並沒有毒），因此不可把它放入屋內。當使用完瓦斯燈時，必須注意將開閉器緊緊地閉好。煤氣中含有某些有氣味的混合物，因此如果開閉器未關緊時，根據氣味就很容易發覺它。

簡單瓦斯燈的構造如圖 7 所示。爲了熟悉瓦斯燈的構造，須將圓筒 1 擰下來，這時可看見輸氣孔 2。空氣是通過管子及鐵圈 3 內的小孔

進入燈內的。轉動鐵圈時，可將通氣孔完全閉上，也可以大打開或稍微打開，如此來調節空氣輸入量的多寡。

有調節盤的噴燈（圖 8）是較比良好的瓦斯燈，因為它不但能比較準確的調節空氣輸入量，並且也能調節瓦斯的輸入量。

瓦斯輸入量是利用螺絲桿 3 來調節的。空氣通過底部擴大的錐形筒和圓盤 2 之間的空隙進入上面的圓筒 1 內。圓盤 2 是按裝在燈管的螺旋線上。轉動圓盤時，可以變化空隙的寬度，以此來調節空氣的輸入量。

當出現不發光的火焰時，是表示瓦斯完全燃燒，也是放出最大熱量的時候。空氣不足時煤氣就不能完全燃燒，在這種情況下放出赤熱的碳粒，引起火焰發光。當斷絕空氣時，火焰便開始往外放出黑煙。

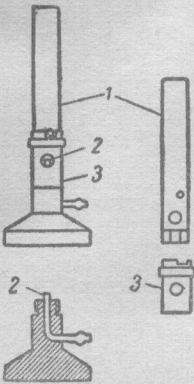


圖 7 瓦斯燈。

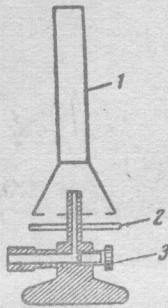


圖 8 有調節器的瓦斯燈。

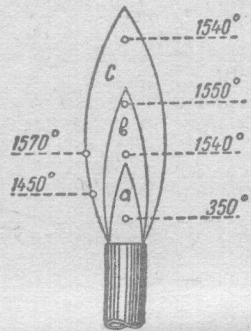


圖 9 瓦斯燈火焰的溫度。

不發光的火焰（圖 9）可分為錐體形的三個光域：

內光域 *a*，其中瓦斯與空氣混合並不燃燒。

中光域 *b*，其中瓦斯發生不完全燃燒；由於有煤氣分解出來的赤熱的碳粒，所以這個光域內的火焰具有復燃性。

外光域 *c*，其中的煤氣發生完全燃燒；這部分的火焰，由於空氣過多，火焰有着氧化性質。

在瓦斯火焰內各光域的大概溫度如圖 9 所示。

在放入瓦斯及少許空氣之後，只需經過 2~3 秒鐘的時間就得點着，然後調節空氣輸入量，使火焰成為不發光的火焰。

如果開放全部風門時，向燈內放入瓦斯，及將燃着的火柴接近燈口，同時開放瓦斯門，則有時會看到所謂跳火現象：瓦斯直接在孔 2 處開始着火（參看圖 7），其實在正常時瓦斯應該在燈筒 1 之頂端着火，並不是在其內部着火。

跳火現象在燃燒過程中也可能出現。一般在發生跳火現象時，能聽到跳火的聲音，這時火焰變得很狹小並具有綠色（如果燈筒為銅質時），燈筒燒得很熱，並發出不好的氣味，即煤氣未完全燃燒的生成物的氣味。

有跳火現象的燈，應及時扭轉瓦斯開關將火熄滅，然後再重新開放瓦斯開關，當瓦斯已噴出 2~3 秒後，在不送入空氣的情況下重新點火。

如果跳火現象未及時被發覺，並且燈筒已經被燒得很熱時，則需要等到燈筒冷卻後再重新點火。

六、化學用具

在作化學實驗時，大多數的物質的實驗過程都是在薄玻璃器具內來進行的。此種玻璃比一般玻璃好，它能經得住溫度的驟變。最經常使用的玻璃器具，有試管、燒杯、平底燒瓶、圓底燒瓶、三角燒瓶及曲頸甌（圖 10~15）。除了玻璃器具以外還使用瓷製的蒸發皿和坩堝（圖 16~17）。

在實驗時為了固定器具，則利用附有鐵環和鐵夾的鐵架（圖 18）。為了使玻璃器具（燒杯、燒瓶）在加熱時不至破損，在加熱時則將它們放在石棉網（圖 19）上。

瓷製的蒸發皿和坩堝以及玻璃的曲頸甌和試管，一般都是在火焰上直接加熱（不用石棉網）。在加熱試管和曲頸甌時，必須首先將其普

遍加熱，而後小心的在試管或曲頸甌下面加熱。如果加熱的時間不長，

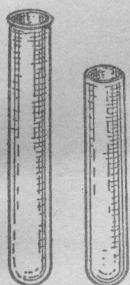


圖 10 試管。

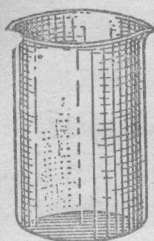


圖 11 燒杯。

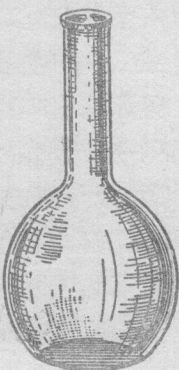
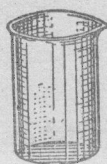


圖 12 平底燒瓶。

試管就不必固定在鐵架上鐵夾中，而用手拿着或放在木製的試管夾（圖 20）中拿着。

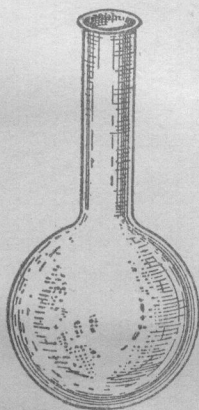


圖 13 圓底燒瓶。

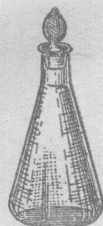
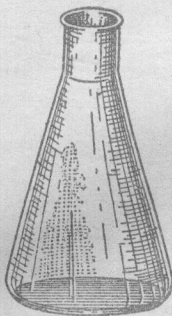


圖 14 三角燒瓶。

煅燒是在坩堝中來進行的，此時將坩堝放在泥三角（圖 21）中。

固體物質需要放在研鉢（圖 22）內用研杵來粉碎的。在未用之前，須將研鉢洗淨，並乾燥好。向研鉢內放入物質，其體積不可大於研鉢容