

高等學校教學用書

普通化學實驗

В. И. СЕМИШИН 著
В. В. ЛЕБЕДИНСКОГО 校
南開大學無機化學教研組譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



普通化學實驗

B. И. 謝密申著

B. B. 列別金斯基校

南開大學無機化學教研組譯

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立化學科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство химической литературы) 出版的謝密申 (В. И. Семинин) 著“普通化學實驗” (Практикум по общей химии) 1948 年版譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為高等化學技術學校參考書。

參加本書翻譯工作的有南開大學化學系申汧文、馬維、余仲建、李謙初、楊韻娜、戴樹桂、姚允斌、王積濤、陳天池、郭壽鈴、梁正熹、史慧明、潘靜芬、劉友玖、汪小蘭、沈含熙、葉率官、李赫叵、王耕霖、邵品西、汪根時等同志。

本書由申汧文同志負責最後審校工作。

普通化學實驗

書號26(課24)

謝 密 申 著

南開大學無機化學教研組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新華書店總經售

京華印書局印刷

北京南新華街甲三十七號

開本850×1092 1/28 印張11 2/7 字數262,000

一九五四年六月北京第一版 印數1—5,000

一九五四年六月北京第一次印刷 定價¥16,000

校 者 序

呈顯在讀者面前的這本 B. II. 謝密申“普通化學實驗”乃是一本創造性的實驗教材。書中除了包括大量的實驗材料之外，還包括複習問題和作業，並且還提供了解答作業的方法。這一切對於深入理解普通化學課程應該有很大的幫助。

在本實驗教材中對教科書中有關材料的課前預習提供了技術性的指示，在這方面作者的意圖是引起學生加強注意那些爲了合理而有效地完成實驗工作所必需的材料，相信這一定很有用。在本書中也包括了一些理論性的和描述性的材料作爲教科書的補充，這或許也能認爲是合理的。其目的是爲了着重指出課程中某些特別重要的部分及同時爲學生難於理解的部分。在這些材料的選擇上是達到了一定的成功，讀者將能加以判斷並會表達出他們自己的意見。

做爲大學生第一個課程的本教材中包括了一些這樣的實驗，有如以凝固點降低法測定分子量，我們認爲是完全正確的：這些實驗闡明了課程中有關的章節，在這些章節中某些理論若無實驗加以驗證將是稍嫌抽象的。不僅於此，我們認爲作者在這方面做得還更進了一步，在書中還包括了以凝固點降低測定電離度這樣的實驗。這些有教育意義的實驗在完成學生像這一類的初步課程而論，證明是完全適宜的。

儘管對原稿作了仔細的校閱，書中仍不免有缺點和錯誤之處，希望讀者與使用本書的人不棄投以意見，指出本書的缺點，以便更進一步的加以修正。

B. B. 列別金斯基

著 者 序

大學生在實驗室中的獨立工作只有在事先做了課外準備的條件下才能夠獲得成效，這些課外準備包括簡要的研讀教科書中的有關材料，回答複習問題，解答作業和研究指定實驗的內容。

這本書就是依照這樣的計劃而寫成的，以供給高等化學技術學校教學之用。在每一實驗中指出了應在教科書中研讀材料的範圍，並提供了簡單的引論。在引論中除了理論性的材料之外，也敘述了解答典型作業的方法和完成個別操作的技術。這些引論無論如何不能代替教科書，並依其範圍與內容而論，僅是為合理完成實驗工作所必需的最低度的材料。

本實驗教材計包括 42 個每次三小時的實驗，其中前面十七個實驗相對應於化學課程的理論部分。自第 18 實驗起即依元素原子外電子殼的複雜性的順序來研究元素及其化合物的性質（自鹼金屬至鹵素）。最後一實驗則為無機合成。

基於在化學技術學院多年的實驗工作，作者在本實驗教材中僅包括了那些經過在定性與定量方面反覆驗證過的基本實驗。只要可能，那些定性的試管反應都代以有定量意義的實驗或製備的實驗。

在草成本書中取得了許多同事們的間接參與（實驗的核驗，教師會議的討論與發言），作者願在此處表示誠摯的感謝，特別是 B. H. 魯托夫斯基教授、C. H. 斯大婁多博采夫教授和 H. H. 亞博拉莫夫講師。作者更十分感謝 B. B. 列別金斯基教授在他工作百忙之中給本書做了審校，還有評論家——A. Л. 別路波里斯基教授，他所給的寶貴的指示使本書能以免除了許多不正確之處。

B. H. 謝密申

目 錄

校者序

著者序

緒論

實驗 1.	加熱與衡重	3
實驗 2.	溶解、過濾、比重計的使用	8
實驗 3.	測定氣體的分子量	16
實驗 4.	基本實驗技術	22
實驗 5.	測定物質的化學式	28
實驗 6.	當量的測定	35
實驗 7.	測定物質的純度	46
實驗 8.	溶解熱及中和熱的測定	53
實驗 9.	化學反應速度與化學平衡	61
實驗 10.	溶液的製備	71
實驗 11.	物質的溶解度	75
實驗 12.	溶液的性質	82
實驗 13.	液態物質及氣態物質的溶液	94
實驗 14.	電解質	101
實驗 15.	電解質溶液中的反應	110
實驗 16.	氧化—還原反應	122
實驗 17.	電解與原電池	135
實驗 18.	氫、氧與臭氧	142
實驗 19.	水及過氧化氫	148
實驗 20.	碱金屬	154

實驗 21.	銅分族元素·····	160
實驗 22.	絡合物·····	166
實驗 23.	鋅、鎂和碱土金屬·····	172
實驗 24.	鋅、鎘及汞·····	178
實驗 25.	硼族元素·····	185
實驗 26.	碳族元素及其氫化合物·····	191
實驗 27.	碳族元素的含氧化合物·····	196
實驗 28.	膠體溶液·····	203
實驗 29.	氮族元素及其氫化合物·····	208
實驗 30.	氮族元素的含氧化合物 (I) ·····	215
實驗 31.	氮族元素的含氧化合物 (II) ·····	223
實驗 32.	氧族元素及其氫化合物·····	229
實驗 33.	硫及其同族元素的含氧化合物 (I) ·····	236
實驗 34.	硫及其同族元素的含氧化合物 (II) ·····	241
實驗 35.	鹵素·····	248
實驗 36.	鹵素的氫化合物·····	253
實驗 37.	鹵素的含氧化合物·····	257
實驗 38.	鈦分族元素、鈮與鉻·····	263
實驗 39.	錳分族元素·····	269
實驗 40.	鐵及其同族元素·····	274
實驗 41.	鈷、鎳及其同族元素·····	279
實驗 42.	無機物的合成·····	284
作業答案·····		288
附錄		

表 1.	一些鹽溶液的比重·····	295
------	---------------	-----

表 2.	一些鹽的溶解度的%·····	295
------	----------------	-----

表 3.	硫酸溶液的比重·····	296
------	--------------	-----

表 4. 硝酸溶液的比重	296
表 5. 鹽酸溶液的比重	297
表 6. 氨溶液的比重	297
表 7. 苛性鉀和苛性鈉溶液在 15° 時的比重	297
表 8. 在 17.5° 時的比重與波美度對照表(適用於比水重的液體)	298
表 9. 在 17.5° 時的比重與波美度對照表(適用於比水輕的液體)	298
表 10. 凝固點下降常數	298
表 11. 沸點上昇常數	298
表 12. 電離常數 (K)	299
表 13. 溶度積 (L)	300
表 14. 絡離子的不穩定常數	300
表 15. 25° 時與 $2H^+/H_2$ (氣)電極相比較的標準氧化-還原電勢(用伏特表示)	301
表 16. 對數表	303

正文內附表

1. 溫度 $t^{\circ}C$ 時水蒸汽的壓力 h (毫米汞柱)	37
2. LiCl—KCl 系的熔點	87
3. 爲冷凍用的鹽類	91
4. 爲冷凍用的鹽類混合物	92
5. 氣體溶於水中的溶解熱	96
6. $0^{\circ}C$ 時各種氣體在水中的吸收係數	98
7. 空氣的吸收係數	100
8. 電離度	102
9. 一些物質在水中的溶解度	113
10. 元素的週期系(波爾式週期表)	124
11. 氧化劑及還原劑電荷的變化	126
12. 金屬的電動次序	138

普通化學實驗

“人們所需要的化學家，不是那些僅僅把書本讀了一次就通曉了這門科學的人，而是那些在這門科學中以足夠的技能而勤奮工作的人”。

門捷列夫，關於化學的應用的演講，1751。

緒 論

實驗工作乃是化學課程的不可缺少的部分。只有在課前對於每一實驗前面所指定的問題，依照教課書作了預習的情況下，實驗工作纔能很好的完成。學生可藉複習問題來考核他自己對於指定的章節所作理論方面預習的程度。解答根據有關章節中的理論資料所編組成的作業則有着非常重要的意義。

學生在實驗室中應該獨立的完成所有的實驗工作。每一學生在所有的實驗時間裏都要在一個固定的桌位上工作，這個桌位上有一個櫃子和一套儀器。學生從實驗室管理員處領取這套儀器時應該檢查一下這些儀器是否完整合用。

學生應該熟悉實驗室規則並應嚴格的予以遵守。

應該在通風櫥中進行的一切實驗，禁止空敞地在實驗檯上進行。

從第一次的實驗開始，學生們就應該練習節省實驗時間。應該對自己的工作加以控制，使能在進行費時而又不需連續觀察的操作中（過濾、蒸發、灼燒等等）進行下邊的實驗。

爲了記錄實驗結果，每一學生應該備有一冊記錄本（本上有空白處留備教師的批註）；在記錄本的外皮上應該寫明學生的姓名、課程名稱

和分組號碼。記錄本中所作記錄應該簡要而整潔。應該記下實驗進行的條件與所觀察到的現象；反應過程應該用反應式來表明。在某些實驗中則需要繪出實驗中所用儀器裝置的圖。

在實驗課文中所提供的一切問題，都應以文字的形式作出詳盡的答案。

一切計算題都應使用對數表或計算尺來進行計算。

如果在計算有關實驗數據的計算題時引用了原子量，應在小數點後取用兩位有效數字。在解答作業時則可以使用簡略的原子量（小數點後取一位有效數）。

在開始進行下一個實驗之前，應該在記錄本上記下上一實驗的結果。

每一實驗工作做完之後，應該把記錄了所有實驗結果的記錄本交給負責教師簽字。

實驗一 加熱與衡重

實驗儀器：托氏煤氣燈、本生煤氣燈、米氏燈與噴燈。坩埚鉗。線鉗，長度約5—7厘米，直徑約1毫米。磁坩埚蓋。爲稱重用的鍍玻璃、稱量瓶、坩埚與蒸發皿。玻璃管，長度約20厘米，直徑約5—6毫米。針。火柴。紙， 30×70 厘米。稱重用的物品。

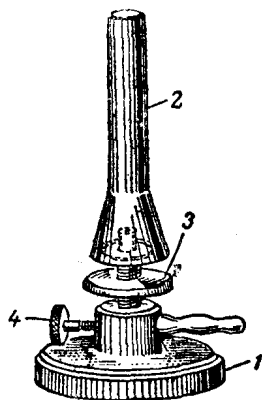
化學實驗包括了許多種不同的操作，其中最常用到的是加熱與稱重。

許多化學過程都能因加熱而被加速。依照實驗室的設備情況和所研究的過程的性質，加熱時可以使用電熱儀器如熔爐或小電爐，或者用燃燈——酒精燈、汽油燈或煤氣燈。實驗室裏最常用的煤氣燈有托氏煤氣燈和本生煤氣燈。

1. **煤氣燈** 托氏煤氣燈（第1圖）可以拆開爲下列幾部分：從底座1上面把煤氣管2旋下，然後旋下圓盤3。注意觀察各部分的組合關係並試說明圓盤3和底座上的氣門4的用途。

將此燈再裝置起來*並在記錄本上畫下它的圖樣，標明每一部分的名稱。

用橡皮管將托氏燈連結起來，然後聯結到煤氣龍頭上，把圓盤3旋緊和煤氣管底部緊密的相觸，將龍頭的旋扭扭開至 90° 並燃點煤氣燈。



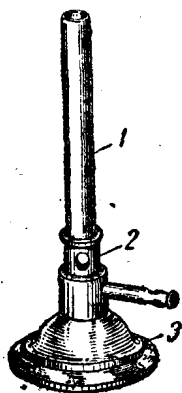
第1圖 托氏煤氣燈。

慢慢地旋動氣門4並觀察火焰大小的改變。這個氣門有何作用？

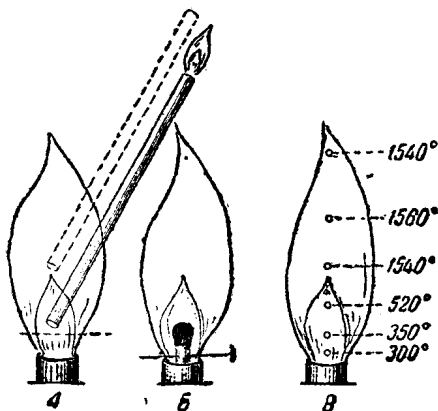
用鉗子取一磁坩埚蓋並將其放入火焰中。在坩埚蓋上生成了何種物質？這是何種火焰？在這種火焰裏煤氣的燃燒是否已達於完全？

慢慢地旋動圓盤，觀察火焰性質的改變，一直到火焰中呈顯一清楚的內焰層。將一個磁坩埚蓋伸入到外焰層中，有否黑煙生成？這是何種

* 旋上圓盤4時應以平的一面向上。



第2圖 本生煤氣燈。



第3圖 煤氣燈的火焰。

火焰？圓盤有着何種用途？

本生煤氣燈(第2圖)是由在下部有兩個圓孔的管1, 圓環2(其上也有兩個圓孔)和底座3所組成的。進入煤氣燈的空氣是靠圓環2來調節的(相似於托氏煤氣燈上圓盤的作用)。進入燈的煤氣則不加節制。

2. 火焰的構造 在火焰的下部(第3圖A的虛線部分)中迅速的伸入一片紙, 放置約2—3秒鐘。觀察紙上碳化的環狀區域。在火焰中伸入一根玻璃管, 如第3圖A所示, 並在玻璃管的上端將煤氣引燃。慢慢地將玻璃管向上提起, 當玻璃管上端停止燃燒時, 觀察玻璃管下端所在的位置。關上煤氣龍頭將煤氣燈熄滅。在燈管中放入一根用針懸掛起來的火柴(第3圖B)。打開煤氣龍頭並將煤氣點燃。火柴有否燃着？用一個鑷子將針夾起, 將火柴提到火焰的上面焰層中。有何現象發生？根據上述實驗, 關於煤氣在內焰層和外焰層中的燃燒作用你能作出何等結論？

3. 火焰的溫度 在記錄本上畫出火焰的圖。註出第3圖中所指出所有各點的溫度。將一根嵌在玻璃棒上的鎳鉻絲伸入火焰的各區域

中，觀察鎳鉻絲灼燒的顏色；它依溫度而作如下的變化：

暗紅色—500°	橙色—1100°
紅色—700°	白色—1500°

依照實驗結果在圖上註出火焰上相對應於 700—1100° 的各點。

4. “回縮”火焰 慢慢的旋動節氣門，得到一微小的火焰（約 2 厘米高），然後旋動圓盤使它盡量離開燈管。火焰在“跳動”，換句話說，燃燒作用在燈管之內進行（加以證明），此時燈管上的火焰或者是不見了，或者是成為發光的長焰，此時的燃燒常常伴有噪音。如果煤氣燈是由銅合金製成的，在一段時間內火焰保持為綠色。

當火焰“回縮”時煤氣的燃燒不能達於完全，減低了火焰的溫度並使實驗室的空氣被混以毒素。由於煤氣在燈管內燃燒的結果，煤氣燈被強烈的灼燒，這就會使導入煤氣的橡皮管燃燒起來。

為了終止火焰的“回縮”現象，須把煤氣龍頭關閉，使煤氣燈冷卻（小心燙手！），將圓盤旋回燈管底部，只有這樣之後才能再重新將煤氣燈點燃。然後應當旋動圓盤以得到無色的燈焰。

5. 煤氣的毒性 煤氣（由煤的氯化而製得的）有着如下的平均組成：

H_2	CH_4	CO	C_xH_y	$\underbrace{N_2 + O_2 + CO_2}_{\text{約 6\%}}$
50%	32%	8%	4%	

寫出煤氣主要組成部分的燃燒反應式。

在煤氣中所含的一氧化碳氣是很有毒的。如果在空氣中含有僅達 3%（體積）的 CO ，則在 12—15 分鐘內即可致人於死。因此，在實驗室中使用煤氣燈時應該特別留意。離開實驗室時一定要檢查一下煤氣龍頭有否關閉。

熟悉本生燈、米氏燈和噴燈的使用方法。托氏燈與本生燈相比有何種優點？何種燈具有較高溫度的火焰？為什麼？

* * *

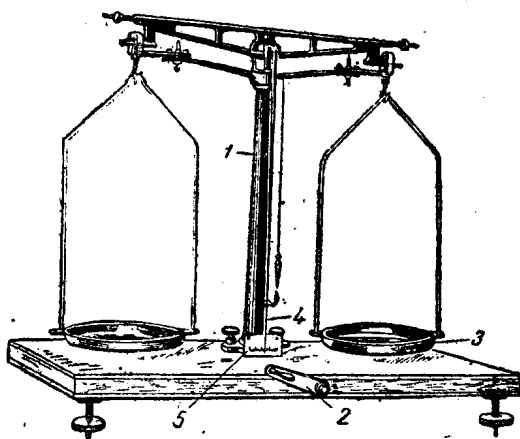
“物質以嚴格的重量比例而相作用”這是一條化學的基本定律。由此可以瞭解衡重操作在化學實驗中的重要性，特別是在研究化學過程的定量方面(測定原子量與分子量、當量、物質的密度、溶解度、導出化合物的化學式、等等)。

6. 普通化學天平 一個定量化學實驗的可靠性在極大的程度上決定於衡量操作的準確度。在無機化學實驗室中常使用普通天平(為粗略的衡重)、普通化學天平(準確度至0.01克)和比較少用的分析天平(準確度至0.0001克)。

普通天平乃是一種具有托盤的橫樑式天平；裝着重載的托盤作用於天平樑等臂的兩端。在托盤之間有一個指針，可藉它的位置來斷定天平的均衡狀態。

普通化學天平(第4圖)承架在一個底座上，其上有特備的螺旋，可藉它來校正掛在支柱1上的吊錘，使天平獲得正確位置。吊錘位置經校正後即不得再行改變或動搖天平的位置。

在衡重之前應先將天平檢查一番。為此，輕輕的向右轉動昇降樞2使天平進入使用位置：天平樑藉它的中央刀刃懸立在支柱上，並開始帶着天平盤3而共同擺動，天平盤3則懸掛在天平樑兩端上的附加刀

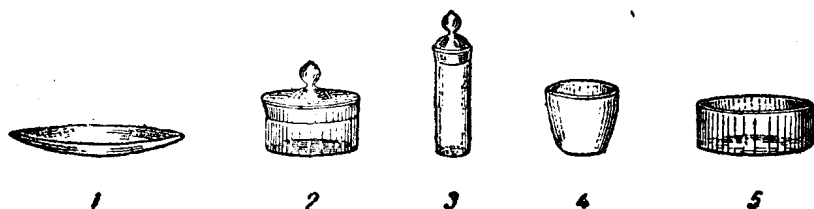


第4圖 普通化學天平。

刃上。如果這時指針4在刻度盤5上的中線兩方以相等刻度而擺動，或一方比另一方多1—2刻度，則這個天平可以認為是正確的。檢查完畢後放下昇降樞，即以反方向轉動昇降樞，將天平放回不使用位置。

7. 衡重的規則 僅在放下了昇降樞之後才能從天平盤上取開和放上衡重物 and 法碼。

固態物質須放在鍍玻璃上，放在重量瓶或坩堝中，或放在一片紙上來測定重量。液態物質則須放在玻璃皿中或重量瓶中衡重（第5圖）。



第5圖 衡重用的容器：

1. 鍍玻璃；2和3. 重量瓶；4. 坩堝；5. 玻璃皿。

熱的坩堝或玻璃皿在衡重之前要放在乾燥器中冷至室溫（約15分鐘）。乾燥器乃是一種厚壁的玻璃容器，蓋着一個磨砂口的蓋子；在其底部放置有能吸收水蒸氣的物質。

當衡重時在左方的天平盤上放置衡重物，在右方的天平盤上則用鑷子放上與衡重物重量相當的法碼。如果所取法碼過重，則應依次的換取較小的法碼，等等，一直到加有足夠的法碼使天平達於平衡（指針在刻度盤上兩方的偏移相等）。把大小法碼的重量加起來以計出法碼的總重量；在記錄本上把衡重物的重量記下，準確至0.01克。

在同一實驗中的所有衡重工作，都應用同一副法碼在同一天平上進行。

衡重完畢時用鑷子把法碼放回法碼盒中的位孔上。天平和法碼在使用過之後應該仍完全按置就緒。

8. 絕對誤差和相對誤差 在測定重量時的絕對誤差 $\pm e$ 乃是真實重量 B 和實驗求得重量 b 之間的差數：

$$\pm e = B - b$$

在實際工作中常常計算相對誤差(以百分數表之),它乃是絕對誤差和真實重量 B 的比值,再乘以 100:

$$e\% = \frac{e}{B} \cdot 100 = \frac{B-b}{B} \times 100.$$

指定作業 從實驗室管理員處索取一衡重物並衡定其重量,準確至 0.01 克。在記錄本上依下列形式記下結果:

衡重物的名稱	重 量
銀 膠 製 圓 盤 №17	8.74 克

回答下列問題

1) 一衡重物在普通化學天平上恰好被 20 克及 2 克兩枚法碼所均衡。怎樣能正確的把衡重物的準確重量記錄下來?

2) 一衡重物在普通化學天平上稱定重量後,其重量被記錄為 11.270 克,這樣寫法是否正確?

3) 在普通化學天平上做了兩份衡重工作,一份是 1 克,另一份是 10 克。其中哪一份的相對誤差較大?

實驗二 溶解、過濾、比重計的使用

課外預習

機械混合物與化合物。決定化合物組成的定組成定律、倍比定律和當量定律。溶液的百分濃度和克分子濃度。

在進行化學實驗時常常需要進行物質的溶解、液體的過濾、沉澱的洗滌和用比重計來測定溶液的濃度等操作。

1. 固態物質的溶解 粗大晶態物質在溶解之前有時需要研磨成粉細狀態。研磨時常用磁製的、玻璃製的、瑪瑙製的或金屬製的研鉢。在研磨苛性鹼或有劇毒物質時臉上應帶上有濾氣罐的面具,手上則須帶上橡皮手套。

溶劑的體積用量筒或量杯來度量並以毫升為單位*。

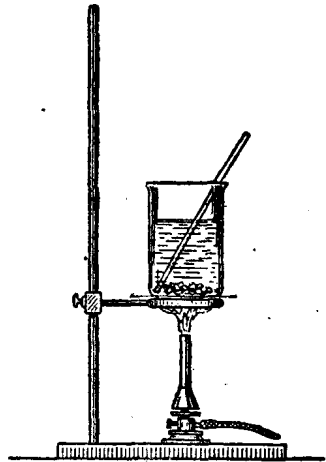
把溶質和溶劑放在燒杯裏，用玻璃棒加以攪拌。爲了加速溶解作用最好把溶液加熱（第6圖）。製備水溶液時要用蒸餾水作為溶劑。

2. 過濾 爲了將不溶物質和溶液分開，需要用過濾操作。

過濾時可以使用不同的多孔性材料：濾紙、棉花、布、玻璃或燒磁製的多孔濾板，粉末狀的木炭和石棉、玻璃毛等。在實驗室中最常用的是濾紙，用濾紙來預備濾器時可有兩種型式：簡單的和多摺的。

預備簡單濾器時（第7圖）應把一張方形濾紙（A）對摺兩次（B, B）。將此濾紙張開的一端用剪刀整齊的剪圓，如（Γ）圖所示，然後張開濾紙使它成爲圓錐形（A）。

多摺濾紙的摺疊方法開始也和簡單濾紙一樣（A—Γ），然後將摺疊的濾紙打開（E），對半的對摺兩次（Ж—H），翻轉濾紙（K）再對摺兩次（Л, M），將濾紙打開即得到最後的形狀（H）。多摺濾紙的頂端最好在摺好之後剪齊。



第6圖 固態物質的溶解。

* 毫升——“國際標準升”的千分之一——是容量的單位，現在用它來代替過去的容量單位——立方厘米（ cm^3 ）。一升乃是一仟克純水在 4° 時的體積（在標準氣壓下）。早先根據測定以爲這一體積準確的等於一千立方厘米或 1000 cm^3 。不過後來更精確的度量指出：一仟克水的體積等於 1000.028 cm^3 ，因此

$$1 \text{ 毫升} = 1.000028 \text{ cm}^3$$

毫升和立方厘米之間的差數僅約 0.003%，在實用上相當粗的度量工作中就可忽略不計。