

科學圖書大庫

大專用書

普通化學

編著者 高振儀

國立編譯館審定

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

大專用書

普通化學

編著者 高振儀

國立編譯館審定

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年十一月二十八日四版

普通化學

基本訂價 4.60

編著者 高振儀 高雄工業專科學校教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

目 錄

第一篇 從疑問到智識

第一章 基本之科學活動	2
第二章 量度、單位與準確性	9

第二篇 原子與分子：物質之構造基礎

第三章 氣體之原子與分子	25
第四章 元素、化合物、化學反應	56
第五章 化學計量，化學之基本定律	76
第六章 液體及固體	89
第七章 溶 液	116
第八章 原子構造	156
第九章 週期表與原子之電子結構	182
第十章 原子之電子結構與軌域	210
第十一章 化學鍵	239
第十二章 化學鍵（續）	263

第三篇 化學之動力

第十三章 化學反應之能量效應	304
第十四章 化學反應速率	315
第十五章 化學平衡	333
第十六章 酸、鹼及鹽	365
第十七章 氧化及還原	397

第四篇 週期表中同屬及同列元素

第十八章	鹵素	-----	432
第十九章	第二行元素：鹼土金屬	-----	446
第二十章	第一系過渡元素	-----	454
第廿一章	若干第六列及第七列元素	-----	478

第五篇 化學之宇宙

第廿二章	碳化合物	-----	492
------	------	-------	-----

第一篇

從疑問到智識

第一章 基本之科學活動

1.1 自然科學與化學

自然科學 (Natural Science) 是研究自然現象間因果關係之科學。

化學 (Chemistry) 是自然科學的一個分科。研究的對象是物質之結構、組成、性質和變化，故又稱為物質之科學 (Science of Substances)。

化學比任何一門科學更重視實驗結果，故化學是實驗科學。有一部分理由，就是化學家所研究者為不易看到之物，如原子和分子。

雖然一般事物遵循既成之定律，但在化學觀念或化學問題上實有許多新因素產生，為研究此新問題，其惟一之方法即“實驗”，因此，研究化學最重要之活動實乃“實驗”。

1.2 練習科學之方法

一科學家對日常生活及其周遭事物發生興趣時，則尋求各種方法，以求瞭解。為了收集資料，則運用一連串合乎邏輯、互相關連之步驟。這些連續步驟，叫做科學方法 (Scientific method)，茲分列如下：

1. 仔細觀察欲探究之事物。
2. 精確記述所觀察之事實。
3. 組織所得結果。
4. 將所得資料加以分析，並尋求規律性。
5. 基於實驗結果，求合乎理則學之結論。
6. 追求原因以發展模型和學說。
7. 將所得成果傳諸後世。

應熟識步驟內容，以適合當時處境而活用，切忌強記規則與步驟。

1.2-1 觀察 觀察為科學方法之基礎。科學之觀察事物無論大小輕重必須專心，洞察精微，並應在可控制條件下為之則最有效。有經驗之觀察

者可從一般認為通俗、簡單及互無關連之事實中有所發現。茲選擇“一枝燃着之蠟燭”在可控制狀況下，予以觀察謂之實驗。

1.2-2 記述事實 精確與完整記述實驗時所觀察之結果。並應包括所有條件如日期、時間、實驗之溫度及濕度，以及其他有關因素等資料。

據說，一位能幹之研究者，曾研究地殼所含之化學成分，具有出色之成就，就是發現地殼中含有極微量之某元素。不料若干年後，有一位年輕助教，注意到此位科學家有雪茄癮。當他工作時，口不離雪茄。經此年輕助教作進一步調查，證實此科學家所發現之極微量之元素，實乃雪茄灰中所含之化學成分。因此，觀察者對實驗周遭一切情況，皆應細心檢查與量度。

1.2-3 編組資料 許多實驗之失敗，起因於未將細心觀察與精確記述資料加以組織，使其系統化，以期進一步瞭解。整理數據列入備妥之表中或將結果用圖解法表示，有時可能極易獲得其規律性。實驗第三“熔化溫度”，乃着重運用此兩種方法。其他如符號、化學方程式或數學表示法等均將在本課程中陸續練習。

1.2-4 尋求規律性 對自然存在之大量物質如不加注意，即不知其間玄妙及其型態，如加以仔細、有系統之研究，終能發現或多或少規律性。科學之目的，即基於利用這些型態或規律性及相互間關係供自然性之研究。

1.2-5 邏輯之結論 實驗者憑其經驗、素質、邏輯及直覺智識作研究之工作，絕不可以猜測之數據當作實驗之結果。研究工作應收集確實證據及支持證據之陳述，然後小心作邏輯之結論。

1.2-6 探討原因 首先在可控制的量況下細心觀察，繼之組織所得資料，再尋找其規律性，最後研究其“為何發生”之答案，在此一連串科學活動中最後探究“為何”，乃最具創造性與重要性。

科學家常用熟悉之物系幫助瞭解欲研究之物系，此熟悉物系對新物系言謂之模型。通常模型乃指以感官能直接觀察之物系或謂巨量（Macroscopic）物系；所研究之現象為未能直接看到之極小東西謂之微量（Microscopic）物系。但模型不是專指可見者，有時亦指數學模型，謂之理論模型；例如一組方程式。惟模型之基本觀念相同：用熟悉者或可見者來解釋物系或不可見

者。

模型不能完全與所研究之真實現象吻合，但對所觀察物系之闡明幫助甚大。能引導吾人作新實驗，顯露新事實，往往新事實需要模型之擴充，但有時新事實模型之應用頗受限制，甚至互相矛盾，必須另闢新模型，以滿足需要。

一個模型物系之例釋：

氣球充氣何以膨脹？

又當停止吹氣而縛緊氣球後，爲何氣體仍舊推壓球壁？（圖 1-1）

科學家借助檯球在檯桌上之運動爲模型，說明氣體在氣球內之行爲。運動中之檯球撞及桌邊而離開，且繼續滾動，撞到他方桌邊，再轉向，球越多，球與桌邊碰撞機會越多。今氣體之行性亦可以此相似方式解釋之。氣球內之氣體，視爲小質點之集合體，不停碰撞球壁，而呈現壓力；氣體質點增加時，質點與球壁碰撞次數亦增加，故氣球膨脹。氣球粒子不停運動，氣球壁有彈性，此外檯球與氣體粒子具有相似之特性，故用檯球爲模頗合適。第三章吾人將更詳細論及氣體之模型。



圖 1-1 氣球充氣何以膨脹

1.2-7 智識之傳遞 科學發展以傳授最重要，智識之傳遞乃科學活動重要部分之一。各種科學雜誌、科學摘要及各專長之短期研習會等對智識之傳遞均極具貢獻，如圖 1-2。將某計劃作明瞭之論文或報告，對科學發展更具決定性之效果。

智識之傳遞，首要善用語言，因一項重要構思可能敗於繁冗之辭句。



圖 1-2 不同文字之科學雜誌

表達思想之方式隨所覓求之目標或應用之資料而定。通常規律性敘述愈精確完全，則愈有價值。敘述方法不止一種，須慎選之，茲舉例有關「氣體體積與壓力」之四種表示法：



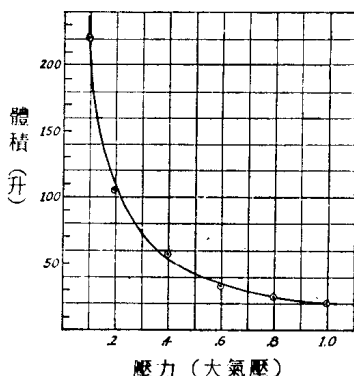
圖1-3 一定量氣體行為之規律性：壓力增大體積減小

- (1) 定性表示法 如圖1—3打氣筒藉一橡皮管與壓力表相連成密閉器，將打氣筒把手壓下，活塞下降，筒內氣體體積減小，壓力表顯示壓力變大，繼續施壓，壓力更高，體積則更小。據此結論以定性述語陳述之：“壓力增大時，體積減小”。
- (2) 定量表示法 科學家從事更精密之測量，同一套可供作多次測量之儀器，獲得一連串數據而製成表。如表1—1。

表1—1 32.0克氧在 $t=0^{\circ}\text{C}$ 時之壓力與體積之關係

壓力 (大氣壓)	體積 (升)	壓力 $\times$ 體積
0.100	224	22.4
0.200	109	21.8
0.400	60.0	24.0
0.600	35.7	21.4
0.800	27.7	22.2
1.00	22.4	22.4

- (3) 繪圖表示法 科學家根據所得數據，繪成圖。如圖 1—4 所示。圖形顯示出數據變化之趨勢。該圖形為一雙曲線，同時表示一圓滑曲線盡可能接近各點。實驗誤差使若干數據落在圓滑曲線之上或下，故圖示法顯示測量之可靠程度。圓滑曲線略去不準確之誤差，可藉以推測中間階段之壓力下之各體積即內插法 (Interpolation)。



- (4) 數學表示法 科學家根據數據，寫出數學之關係式。
- 圖 1-4 32.0 克氧在 $t = 0^{\circ}\text{C}$ 時
壓力—體積曲線

$PV = \text{常數}$ 或 $PV = K$ 將表 1—1 中，各對壓力與體積相乘，得表中之第三行乘積。但若干乘積呈不一致性，此乃歸咎實驗技術所引起之不準確所致。故數學表示法為敘述規律性最精密之方法，同時又能表示不準確度。

1.3 化學與人生

化學與人生關係至深且鉅，大至於國防、實業，小至於人類之衣、食、住、行等，莫不與化學有關，可從下列各項說明之。

1. 化學對於自然現象之解釋 例如鐵何以生銹？煤炭何以燃燒？岩石風化，如何變成沙及泥土？似此等問題，皆從化學智識得到滿意之解答。
2. 化學對於工業及農業之應用 例如鋼鐵及鋁等各種金屬、水泥、玻璃、塑膠、橡膠、合成纖維、肥皂、清潔劑、汽油、油漆、染料及顏料等製造工業化學之應用。農業肥料、殺蟲劑及食品加工、防腐亦皆以化學方法處理。

昔日認為無用之煤渣 (Coal tar)，經科學家處理後可製成染料、塗料、香料、醫藥及調味等。又空氣之液化及氮之固定，轉變為有用之肥料，使農業獲有長足之進步。

3. 化學創造新物質，以解除人生之困難 例如醫藥品之發明及製造，各種抗生素、維生素及激素使人類減少病痛，增進健康。
4. 化學協助其他科學發展 例如生物學中解釋同化作用，生理衛生學中

研討食品營養，地質學中分析巖石和礦物之組成，皆以化學方法研究。又近代物理與核化學之驚人發展，使人類能探測物質構造之奧秘及應用其所蘊藏之鉅大能量，以提高人類生活之水準。

一般人常視化學為神秘、令人疑懼之科學，乃因化學書籍常偏於生硬枯燥之敘述，令人不感興趣且難於接受。近代化學課程首先着重理解及實用價值，進而學習計算方法及原理之應用。

本章摘要

化學之研究對象為物質之結構、組成、性質和變化。化學着重於實驗結果，故化學為一門典型之實驗科學。

在可控制之情況下觀察事務謂之實驗。應用實驗以建立智識，但必須應用科學方法求得實驗結果，如觀察、事實記述、組織、分析與尋求其規律性，解釋並將所得成果傳諸後世，對各項步驟應詳加討論。

智識之傳遞注重規律性敘述，敘述方法不外定性、定量、繪圖與數學等四種表示法。其中以數學表示法最精密。

化學與人類生活息息相關，故化學與自然科學之各部門關係密切。化學為自然科學中最重要部門之一。

習題一

1. 將數條擦亮之金屬如銅、鋁、鋅、鐵及鉛等放置在潮濕大氣中，數天後，試對各金屬之變化作一概括之論述。並建立連續之有關步驟確定其變化之理由。
2. 就研究化學而言，如已養成仔細觀察之好習慣，這習慣對各方面均有用處。試舉一例說明仔細觀察對普通一般人之用處。
3. 為何科學家從實驗結果尋求其規律性？
4. 簡單解釋一個模型或一種學說如何發展。
5. 未作結論前，何以應作多次觀察？多次觀察之益處，是否可獲得一個絕對正確之結論？
6. 為何你相信必須（或不必須）將實驗時所觀察之事實完全正確地記述之？
7. 將所觀察記述於下：

日期	時 間	溫度 (°C)	壓力 (毫米汞柱)
9 月 5 日	上午 8 時	58	756
	中午 12 時	75	762
	下午 3 時	77	763
	下午 6 時	70	760
	晚上 9 時	60	757

試解釋此數據，並用圖解法表示之。對所觀察作結論，列出適於解釋此結論之步驟。

8. 用一模型物系解釋下列問題：定量食鹽溶於定容之水中再加之食鹽，則沉澱於容器底部？
9. 何以需要在可控制的條件下觀察實驗？
10. 有關氣體體積與溫度之實驗，所得數據列表如下：

氣體體積 (毫升)	溫度 (°K)
300	273
350	318
400	364
450	409
500	455
550	500
600	546

- (a) 試作氣體體積與溫度間關係之敘述。
- (b) 用圖解法表示數據之關係。
- (c) 用數學方法表示其關係。

第二章 量度，單位與準確性

化學家觀察物之行性。研究物質之性質以期達到物質之淨化，鑑定與轉變。化學家之觀察多為定其量者，如溫度、壓力、大小與體積等重要性質之量度。本章將舉出部分之量度器具，量度制度之建立，準確性與準確度之表示法。並由實驗操練之。

2.1 量 度

當吾人研究化學之初，發現多種報告包括量度方法 (Measurement)。例如記錄長度或體積改變之量度；化學反應前後物質溫度之改變，物質重量及反應時間之量度等，故各量度制度間之換算實屬重要。

世界現行單位，有公制即米制 (Metric system) 又稱為克——厘米——一秒制 (Centimeter — gram — second system 即 cgs 制) 係各國通用制度，英制又稱為呎——磅——秒制 (Foot — pound — second system 即 fps 制) 英美兩國採用之，純科學之研究仍沿用公制。

2.1-1 公 制 用公制之優點有二，其一為十進制 (Decimal system)，換算方便，另一為科學研究普遍採用，故各國科學家易於互相傳達。

- (1) 長度單位 長度基本單位為米；一米 (即公尺) 之原始選定乃赤道至北極間，通過巴黎子午線之千萬分之一長度。標準米為原來標準長度，係法國科學家所設計，用鈹鉑合金製成，保存於法國。一九六〇年十月十四日科學家基於以氪—86 燈放出橘紅色光之波長重行訂定標準米而採用之。

常用單位及符號：

1 仟米 (Kilometer 符號 Km) = 1000 米

1 米 (Meter 符號 m) = 100 厘米

1 厘米 (Centimeter 符號 cm) = 10 毫米

1 毫米 (Millimeter 符號 mm) = 1000 微米

1 微米 (Micro 符號 μ) = 1000 毫微米

1 毫微米 (Millimicro 符號 $m\mu$) = 10 埃

1 埃 (Ångstrom 符號 $\text{\AA}$) = 10^{-8} 厘米

測量微小粒子如膠體粒子、分子、原子、質子、電子及中子等用微米、毫微米及埃等單位。

- (2) 質量單位 質量之基本單位為克 (Gram)。物質含量之多寡，謂之質量，其質一定。物質之重量隨稱重之所在地而異，因物質受地心引力作用之結果。在北緯 45° 海平面上，質量與重量兩者等重；在實驗室情況下，為應用簡便計兩者視為相等。一克為一立方厘米純水在 4°C 時之質量。

常用單位及符號：

1 仟克或公斤 (Kilogram 符號 Kg) = 1000 克

1 克或公克 (Gram 符號 g 或 gm) = 1000 毫克 (Milligram 符號 mg)

- (3) 時間單位 以地球轉動之速度定為測量時間之標準。地球沿地軸自轉一週之平均時間稱為一平均太陽日 (Mean solar day or day)，訂為標準時間。更精確測量時間用測時計 (Chronometer)。

常用單位及符號：

1 平均太陽日 (Day) = 24 小時

1 小時 (Hour 符號 hr) = 60 分

1 分 (Minute 符號 min) = 60 秒 (Second 符號 sec)

- (4) 體積單位 原訂一立方公寸 (分米³ = dm³) 為一升作為體積單位。原測不準，在 3.98°C 時一公斤純水佔有體積一升，現經精密測定，一公斤純水佔有體積 1000.027 立方厘米。又一升等於 1000 毫升，故一毫升等於 1.000027 立方厘米，實用上視一升 = 1000 毫升 = 1000 立方厘米。

常用單位與符號：

1 公升 (Liter 符號 ℓ) = 1000 毫升

1 毫升 (Milliliter 符號 ml) = 1 立方厘米 (Cubic centimeter 符號 C.C. 或 cm³)

2.1-2 公制與英制之換算

長度之換算：

$$1 \text{ 哩 (Mile, mi)} = 1760 \text{ 碼 (Yard, yd)} = 5280 \text{ 呎 (Foot, ft)} \\ = 1.609 \text{ 公里 (Km)}$$

$$1 \text{ 呎} = 12 \text{ 吋 (Inch, in)} = 30.48 \text{ 厘米}$$

$$1 \text{ 吋} = 2.54 \text{ 厘米}$$

質量之換算：

$$1 \text{ 英噸或長噸 (Long ton)} = 2240 \text{ 磅}$$

$$1 \text{ 美噸或短噸 (Short ton)} = 2000 \text{ 磅}$$

$$1 \text{ 磅 (Pound, lb)} = 16 \text{ 兩 (Ounce, OZ)} = 0.454 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 兩} = 28.39 \text{ 克}$$

體積之換算：

$$1 \text{ 立方呎 (Cubic foot, ft}^3) = 28.32 \text{ 公升}$$

$$1 \text{ 加侖 (Gallon, gal)} = 4 \text{ 夸脫 (Quart, qt)} = 231 \text{ 立方吋} \\ = 3.785 \text{ 公升}$$

2.2 科學中測量之不準確性

化學家對物質之性質作測量時，當他忠於自己之發現，則必遭遇許多問題。測量上之不準確性 (Uncertainty) 即為問題之一。其理由：(1)各種儀器均有它的精密之限度，(2)觀察者之操作技術與觀察態度所致。另一問題存在於寧願記述適於使用之大數字或小數字，同時只表示儀器所保證之準確性及實驗情況。類此諸些問題均為研究化學者所應着手工作。

2.2-1 測量之不準確度 最精確之科學記述在於辨識出實驗結果何者太過，何者不及。以物質熔點之實驗為例說明之。

在實驗室測定對二氯苯 (Paradichlorobenzene) 之熔點記錄為 53°C 而非 54°C 。但欲從你所用之溫度計上讀出 53.0°C 及 53.2°C 則不易。須視溫度計，實驗技術及熔解時溫度均勻一致與否而定。經如此審慎之讀數，確定其熔點為 53.2°C 而非 53.0°C 。該實驗所用之溫度計，只可讀出 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。若要將其熔點記為 $53.200^{\circ}\text{C} \sim 53.203^{\circ}\text{C}$ ，即屬太過之記述。除非用 Beckmann's 溫度計，可讀出 $\pm 0.002^{\circ}\text{C}$ 。若把其熔點記述為 53°C ，則較所知者少，嫌不足。對二氯苯之熔點最正確之記述應為 53.2°C 。

圖 2-1 之左圖溫度計可讀出 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 右圖 Beckmann's 溫度計可讀 $\pm 0.002^{\circ}\text{C}$ 。

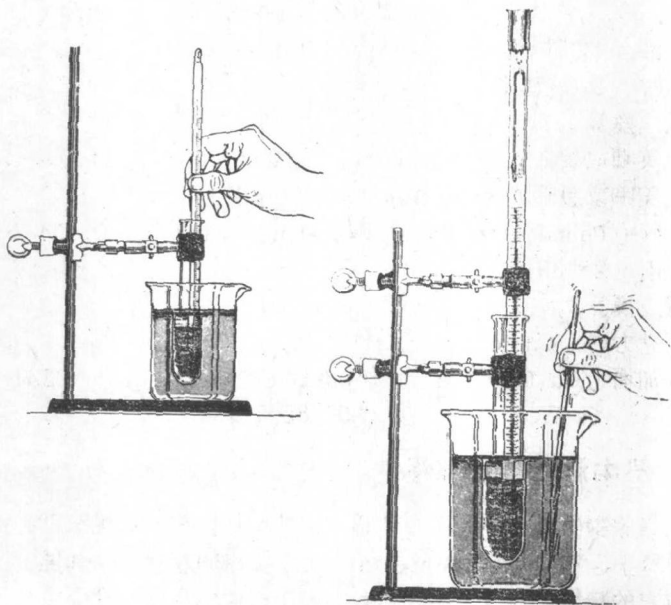


圖 2-1 每項測量均有測不準性

2.2-2 導出量之不準確度 二個或二個以上之量，合併運算，謂之導出量 (Derived quantity)。導出量之不準確度由其成分合併之不準確度決定之。茲分述如下：

(1) 加減法導出之不準確度

以燃燒蠟燭，水溫變化之實驗為例說明之。

以燃燒蠟燭，所放出之熱加熱於燒杯中之水，設最初水溫為 9.3°C ，加熱後水溫為 38.5°C ，溫度之不準確度為 0.2°C ；故正確之溫度表示分別為 $9.3 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 及 $38.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。燒杯中水溫之改變，即加熱前後二溫度之差，為一導出量。欲正確表示溫差，須考慮不準度之影響。用簡明之計算方法表示如下：

$$\text{加熱後之水溫} = 38.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{加熱前之水溫} = 9.3 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{溫差 (溫度變化)} \Delta t = 29.2 \pm ?^{\circ}\text{C}$$