

普通化學

甘景鎬編著

新農出版社

普通化學

甘景鎬編著

新農出版社

普通化學

新定價 ¥17,000

編者	甘景鎬
出版者	新農出版社 上海大馬路12弄70號305室
發行者	新農出版社 上海天津路12弄20號305室
印刷者	洽豐印刷所 上海大通路五四六弄五一號 電話六六四〇五號
經售處	全國各地書店

裏封 1-2 凡例 1-2 目錄 1-2 正文 1-244

1953年5月初版第一次印刷

0001—2000

(245千字)

——自——初1—23—125—245—200

0—17000—24000 22—200

凡 例

- (1) 本書專供大學或專科學校非主系學科（例如農學院各系；理學院生物系，心理學系，醫學院等）一年級普通化學科教本之用。
- (2) 本書內容曾經作者在國內各專科以上學校連續講授同一科目十五年經驗編輯而成，前後並經十次以上修正。
- (3) 本書教材係根據作者編寫初高中化學教本及多年來參加大學新生入學試驗，命題及答案統計釐訂而成。對於中等學校最易忽略之問題特別注意，惟儘量避免重複。
- (4) 本書教材係參攷蘇、德、英、美各國教本，參酌我國學生目前程度編寫而成。
- (5) 爲求縮小篇幅，符合精簡原則，體裁極力採用綱目式。例題亦採實際有用之實例。
- (6) 陳義述理，力求與正確立場和觀點相結合。處處從實際問題引出基本理論。
- (7) 本書重點目的爲適應生物科學學生之需求，希望臚列材料與理農學院生物科學方面各科系二年以後所修有關學科能有呼應作用；故書中對此方面有關問題，均盡量扼要說明，藉明生物科學與化學之關係。
- (8) 作者主要目的，係寫成中國人讀之中文課本，凡有中國材料可以採取之處均儘量採入，俾學生對於祖國偉大資源與產業狀況，能有初步了解。
- (9) 本書每章自成單元，前後極力呼應，對於有機化學及金屬與非金屬元素討論二單元，爲作者集合經驗創設一集納說明法。根據多年經驗，如是說法，對於初學者認識此二單元材料之整個面目，比諸羅列教條，

似乎更有概括性了解功用；末議是否適合，熱誠領受批評。

- (10) 本書編寫過程中，作者曾集納數千直接讀者意見，十餘年來每年均會徹底改寫一遍。前後積稿尺餘，塗鴉在五百萬言以上。每次採納羣衆意見，得以改良；教學相長之功不可泯滅；成書之日，對於萬千已讀此書，提有評判者深致感意。

目 錄

凡例

第 一 章	引論.....	1
第 二 章	化學和重量的關係.....	7
第 三 章	符號 分子式 方程式 簡單計算法.....	12
第 四 章	熱 熱化學.....	19
第 五 章	氣體的性質.....	26
第 六 章	氣體液化法 液體和固體的特性.....	34
第 七 章	分子量.....	40
第 八 章	氫 金屬的活動性.....	46
第 九 章	溶液.....	52
第 十 章	溶液的特殊物理性質.....	58
第 十 一 章	酸 鹼 鹽.....	65
第 十 二 章	可逆反應和化學平衡.....	71
第 十 三 章	原子週期.....	78
第 十 四 章	原子序 原子構造.....	86
第 十 五 章	從原子構造說明元素週期性.....	93
第 十 六 章	原子核化學.....	100
第 十 七 章	膠態化學.....	106
第 十 八 章	游離.....	112
第 十 九 章	化學反應的種類.....	120
第 二 十 章	游子平衡.....	127
第 二 十 一 章	有機化學 (1)——碳氫化合物.....	139

第二十二章	有機化學 (2)——烴類的衍生物.....	149
第二十三章	有機化學 (3)——自然界常見的有機原料.....	160
第二十四章	有機化學 (4)——有機合成產物.....	172
第二十五章	電化學.....	186
第二十六章	氧化和還元.....	189
第二十七章	金屬的通性 重金屬.....	197
第二十八章	鐵和鋼.....	206
第二十九章	幾種常見的非金屬元素.....	213
第三十章	鹵素和它的化合物.....	221
第三十一章	重要的酸類和鹼類.....	227
第三十二章	鹽類.....	232
附表.....		236

第一章 引 論

1.1 化學的起源

順着自然發展的規律，從猿逐漸進化到人類。人類在原始時期裏，因為工具還沒有發達，還是過着茹毛飲血的生活。由於勞動的經驗，逐漸發明了許多工具，同時設法控制了自然。在控制自然方面，最偉大的發明就是火。從前由於雷電發生的大火，是人類很大的仇敵，大火發生的時候，人類只有出於逃亡的一種辦法。火的利用發明以後，很快地就變成了人類很好的伙伴，因為它可以烹煮食物，提高享受。熟食以後，因為覺得沒有裝貯的器具，就設法把泥土捏成貯器，又因為泥土遇水崩散，就把它放在火裏烘乾，到後來這種方法就變成陶器。到了青銅時代以後，各種用具更進步到用金屬鍛鑄成的，這就逐漸演變成爲冶金術。古代交易首先是易貨的方式，後來就採用了一種媒介；這種媒介先是貝殼，後來用金屬。不過那時已經發見的金屬像銅鐵等等數量已經很多，並不覺得希罕，所以要換來一些東西要用很多量的金屬；而且這些金屬常常會變質，例如鐵生銹，所以逐漸人類便採用重金屬來做貨幣。金銀用作貨幣，只要少量便可換得大量貨物，人們都羨慕它。接着就有野心家想研究出一種方法，能够把賤價的金屬，像銅鐵等，變成金銀，於是乎他們便用各種方法來試驗，經過一大段時間的研究，他們點鐵成金的法術雖然沒有成功，可是研究過程裏的經驗却集合了許多；這就是所謂煉金術——它是化學的前驅。

煉金術的研究在東西方許多古國——像我們中國，埃及等——都流行着。在我們中國還有跟這個類似的學問，叫做煉丹術。在古代的許多統治階級人物——秦始皇是這種典型人物，——他們靠着專制的淫威，用種種剝削方法來壓迫人民。在物質資料的供應上，他們固然是滿足了，唯一的缺點就是他們的壽命不能永久；爲着要延續他們的壽命，所以千方百計求術士能够給他們鍊成一種長生不老的丹藥。爲着要鍊成這樣的丹，他們就把各種方法製煉各種不同的材料；因此也得到了許多經驗，而且成功了一個宗教的宗派——就是道家。由於羣衆創造出來的經驗愈來愈多，就有人把這些材料統一起來，成功爲許多法則來說明這些共通的事實。進一步再把這些法則來創造新的經驗，這便是化學的起源。

1.2 化學的目的和範圍

化學是研究物質組成和它相互間關係的科學，所以宇宙間一切物質都是它研究的對象。化學不祇是研究一切物質的質變，而且也注意到量變；進一步了解到質量互變的現象；從而研究到自然界一切的規律。我們研究化學不能把理論和實踐孤立進來。一切理論要隨時用實驗來證明，一切經驗也要用法則統一起來引出自然的正確規律。

爲着研究便利，化學可以就研究的對象和方法分成四門：第一是無機化學(Inorganic chemistry)，研究的對象主要的是礦物質，像岩石、土壤等。第二是有機化學(Organic chemistry)，研究的對象是絕大多數的含碳化合物；所以有機化學也叫做碳化合物化學(The chemistry of carbon compounds)。第三是物理化學(Physical chemistry)，也叫做理論化學(Theoretical chemistry)，是研究各種化學反應、現象等等的一般法則。第四是分析化學(Analytical chemistry)，是研究各種無機化合物或是有機化合物以及這些化合物的混合體，嚴格地也可以說是世界一切物質的組成在量和質兩方面的關係。不過我們應該了解這種分科，僅僅是爲着研究便利；事實上各門間都有密切連帶的關係，不能孤立起來。此外也因爲研究部分不同，我們常常把化學分成：工業化學(Industrial chemistry)、農業化學(Agricultural chemistry)、營養化學(Nutrition chemistry)等等詳細的分科。

1.3 物質的種類——元素

在我們生存的宇宙間，佔有一定位置，而且有重量的，都叫做物質(Matter)。按照物質的狀態(Physical state)來分：物質可以分做三種：就是固體(Solid)、液體(Liquid)、和氣體(Gas)。固體是有一定的形狀；液體的形狀是隨着裝貯的器具而不同；氣體在沒有用特殊裝貯的時候，總是瀰漫在空間的任何可能擴入的地方。這三種狀態是可能變換的，例如同是水(我們已經知道它的代表式是 H_2O)，通常都是液態的；天氣寒冷的時候，便凝結成爲固態的冰；水開了，又化成氣態的汽。

通常我們所看到的物體，并不一定由單純一種物質所構成。例如一張桌，就得用木材、油漆、鐵釘等等東西拼成；而且木材或油漆等本身也不是單純的物質。這樣地拼湊，有兩個方式：第一種是質和量方面都要按照一定的比例拼合的，像水，不論任何地方的水，都是由一定比例的氫和氧拼合而成，而且拼合的當兒一定是經過了一定的化學程序。由這種方式合成功的叫做化合物(Compound)。要是隨便把幾種物質混在一起，這些物質在調合的時候根本沒有產生變化；無論我們用任何方法把它們調合得非常均勻，我們總可以用機械方法(一種沒有使任何物質經過作用產生變化的方法，叫做機械方法；例如磁性分離、過濾、蒸餾、篩分等等)使它們分離(例如鐵粉和硫黃，可以用磁鐵來分離)；或是用肉眼或放大觀察法(用放大鏡或顯微鏡)辨識出來。這樣的混合體叫做混合物(Mixture)。可知化合物是必需經由化學反應作成的。

一種物質按照它的組成成分來分，分到不能再分的單位，叫做元素(Element)。像金、銀、銅、鐵等。元素的種類在十八世紀時候發見的，只有十七種，公元1890年的時候已經發見七十種。今天已經發見的有九十八種(第九十八種元素，據1950年三月報告業已發見，可是還沒有公開證實)⁽¹⁾(表一)。元素的種類究竟有多少種，還沒有人能夠預測到。

元素可分成金屬(Metals)和非金屬(Non-metals)兩類。非金屬元素包括氣體，佔地殼總重的一半。金屬元素在地殼成分裏最多的有：鋁、鐵、鎂、銅、金、銀等等。元素裏常見的不過一半，其餘都是罕見的。要是按照組成地殼、海水和大氣的組成成分來劃分，最多量的元素是氧；其次是矽、鋁、鐵、鈣、鎂、鈉、鉀、氫、鈦(Titanium)、碳和氮。

1.4 物質的性質和變化

氧會助燃，水會滅火，銅可以引伸成細線，玻璃容易碎而且透明。可知各種物質都有它們的特性。我們利用這個特性辨識物質的種類，也是用來判別真和假。這些特性叫做物質的性質(Properties)。這種性質，普通可以分成兩類：第一是物

(1) 據美國加利佛尼亞大學(University of California)三月十七日(1950)報告，定名為 Californium。關於新元素發見的說明見第十五章。

理性質 (Physical properties); 例如軟硬的程度(硬度)、單位體積的輕重比(比重)、從固體變成液體時候的溫度(熔點)等等; 無需變更要測定物質的組成, 就可以測得的性質, 屬於這一類。第二是化學性質, 例如一種物質對於酸或鹼的反應, 必需經過變更要測定物質的成分方能够測定的; 屬於這一類的變化, 叫做化學變化。

物質從一種狀態變成第二種狀態的時候, 各有專門的名稱, 這些名稱我們常常用到, 所以這裏特別提出說明:

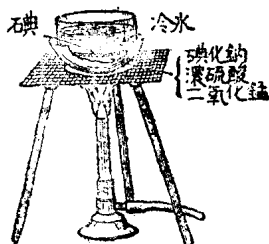
固體變液體: 這種現象叫做溶解 (Melting), 是由於溫度升高, 表示這一個溫度叫做熔點 (Melting point)。把好幾種固體併合在一起, 或是把一種固體全部加熱變成均勻性液體的方式, 叫做熔融 (Fusion)。

液體變氣體: 這種現象叫做沸騰 (Boiling), 表示這一個溫度叫做沸點 (Boiling point)。這種作用在連續進行的時候的現象叫做汽化 (Vaporization)。一種液體由於表面張力低——由於加熱或是在室溫下——化成氣體, 也叫做揮發 (Volatilization)。繼續把一種液體化成爲汽的作用, 叫做蒸發 (Evaporation)。

氣體變液體: 由於溫度降低, 普通情形下是液體的。使氣體 (主要是汽) 變成液體的作用, 叫做凝結 (Condensation)。要是普通情形下是氣體, 我們調節壓力和溫度使它變成液體的作用, 叫做液化 (Liquafaction)。

液體變固體: 這種作用叫做凝固 (Solidification), 假如在室溫下——普通在零度以下——把液體變成固體的作用, 也叫做凝凍 (Freezing)。

固體直接變氣體, 冷卻後又會再變成固體: 叫做昇華 (Sublimation)。如圖一所舉的例。



圖一 碘的昇華

1.5 定 比 定 律

化合物是由兩種以上元素構成的。例如食鹽(氯化鈉是由氯和鈉兩種元素化合而成)，世界上產鹽的地區雖然不同，提煉的方法雖然不同；可是精製出來氯化鈉的組成不但在組成元素的種類，即是各元素成分數值的比例，也是相同的。例如一斤的氯化鈉一定是由0.3934斤的鈉和0.6066斤的氯化合而成的。由這裏看起來，一種純粹化合物裏各種成分的組成，都是按照一定比例化合成功的。這種關係，叫做定比定律(Law of definite proportion)。

1.6 原 子 說

我們已經知道元素是構成物質的單位，可是一大塊的元素，好像一塊純銅，可以設法分成小塊的銅碎，再可以用研磨方法分成更細的銅末。這樣地一直細分下去，到了最後是怎樣小的一種東西呢？這種問題經過很久的討論；最先提出具體說明的，還是由達爾頓(Dalton)在1804年首創的原子說(Atomic theory)。原子說的要點是：

1. 每一種元素是由一種極小的顆粒構成的，這種顆粒叫做原子 (Atom)。
2. 同一種元素的原子，重量相等，而且性質相同。
3. 不同種元素的原子，重量不相等，性質也不相同。
4. 在產生物理或是化學變化的時候，原子是最小的單位；不能再行分割。
5. 一種元素的原子可以吸引同種元素的原子或是他一種元素的原子，產生化學反應，成功種種化合物。
6. 由兩個以上原子結合而成的顆粒，叫做分子 (Molecule)。
7. 因為原子不可能再分割，所以原子僅能以整數的比例來互相結合。同時根據定比定律，一種純粹化合物裏的各種原子的比例數，也必定是相等的。
8. 兩種原子(甲原子和乙原子)可能按兩種不同的比例，結合成功兩種以上的化合物。

達爾頓學說說明了化學反應和生成化合物時候量和質的關係。這個學說到克列查羅(Cannizarro)在1860年關於各種元素間在重量的比例上是有

比值的發現，更加一層數值上的證明。

達爾頓學說，雖然在化學佔據了幾十年王座的地位，它把許多矛盾的事實統一起來，同時也具體地說明物質構成的關係。可是由於他那個時候，實驗證據不完備，而且由於當時科學家沒有掌握到質量互變的規律，所以原子的不可分性說明，侷限了我們對於物質的觀念。一直等到元素蛻變的學說興起，近代實驗的事實，已經改變了我們這個觀點；達爾頓學說在若干方面已經有了許多修正，這種事實我們以後還要說明。

問 題

1. 試用均勻 (Homogeneous) 和不均勻 (Heterogeneous) 兩個名詞做出發點，說明(a)元素，(b)混合物和(c)化合物。
2. 物質不滅和物質不變的兩個名詞有什麼不同；請由辯證法說明這兩種觀念是對不對？
3. 利用辯證法則批判道爾頓原子說。
4. 為什麼古代煉金煉丹者的理想不能算作近世物質構造學說的發見人；他們在學理上有什麼錯誤？
5. 為什麼現在我們還是採用原子和分子來說明一般的化學反應？

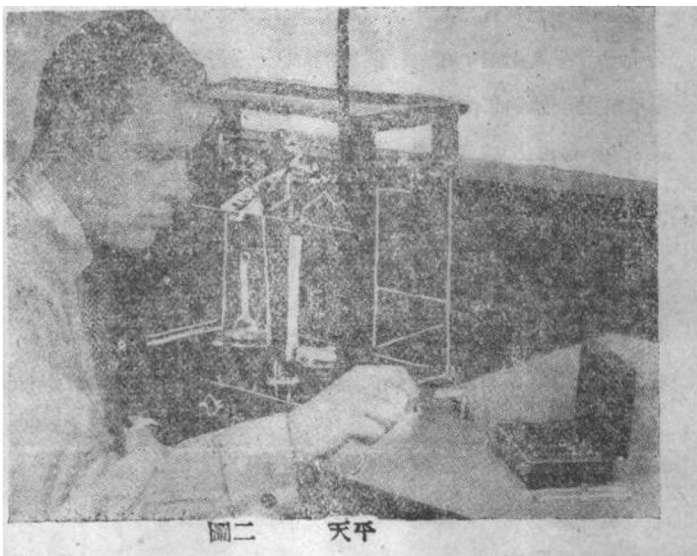
第二章 化學和重量的關係

2.1 重量和容量的單位

化學所研究的，不單是物質的種類，而且要徹底了解物質變化時候量的關係；所以重量和容量的度量衡是每日必需遇到的課題。

化學上度量衡所用的器械：稱重一般是用拉瓦錫 (Lavoisier) 發明的天平 (Balance) (圖二)。精密的微量天平可以衡量到一克的幾十萬分之一。量度容量所用的器械，主要的是：量筒 (Graduate cylinder)，吸量管 (Pipette)，滴定管 (Burette) 等。

度量衡的單位普通是用標準制 (Standard system)，和英國制 (English system) 兩種。英國制不是十進的，所以不是合理化的標準，不過工業上仍是常用它。標準



圖二 天平

制是國際公認的科學單位；它的基本標準是：

1. 重量：

1. 0000 克	是水在 4°C. 時候一毫升的重量
1 毫克	等於 1 克的 1/1000
1 仟克 (噸)	等於 1000 克

克 (Gram) 縮寫成 gm. 或是 g. ; 毫克 (Milligram) 縮寫成 mg. ; 仟克 (Kilogram) 縮寫成 kg.

2. 容量:

容量的單位是毫升 (Milliliter), 就是等於水在4°C. 一克所佔的容積; 這個數值幾等於一立方公分 (Cubic centimeter), 所以常用就用 c.c. 來代表。一千個毫升等於一公升 (Liter)。

2.2 倍 比 定 律

兩種原子(甲原子和乙原子)可能按兩種不同的比例, 結合成功兩種以上的化合物。那就是說在兩種不同的化合物裏, 同是兩種元素(甲和乙), 可以以兩種一定數值的比例化合起來。例如一原子的碳可以和一原子的氧構成第一式的化合物——一氧化碳, 在另一個可能性下一個碳原子又可能和二個氧原子結合起來成為另一種的化合物——二氧化碳。類似這種情形的實例很多; 我們再舉一個例。氮和氧的化合物, 可能有三種, 按照百分組成可以列成下表來比較:

氧 化 物	氧(%)	氮(%)
氧化亞氮 (Nitrous oxide)	36.35	63.65
氧化氮	53.32	46.63
二氧化二氮	69.55	30.45

我們可以用換算方法來計算在這些化合物裏, 1克氧分別會和若干克的氮化合:

氧 化 物	氧(克)	氮(克)
氧化亞氮	1	1.751
氧化氮	1	0.8755
二氧化二氮	1	0.4378

由這裏我們可以求出最小公約數, 來表示這些關係:

$$0.4378 = 1 \times 0.4378$$

$$0.8755 = 2 \times 0.4378$$

$$1.751 = 4 \times 0.4378$$

由這個關係可以推測到一個原子的氮可以和一個或是兩個或是四個原子的氧按照整數比例化合成功三種不同的化合物。如是: 兩種元素按照不同的整數比; 成功不同化合物的關係, 叫做倍比定律 (Law of multiple proportion)。

2.3 原 子 量

我們已經知道元素和元素間產生的化合作用，是以原子和原子的作用做單位，而且牠們中間的關係是有數值關係的。所以我們可以用重量比例來計算原子和原子間化學作用的關係。

不過要用數值說明這種關係，首先必需覓得一種標準。那就是說應該找出一種元素，用這種元素做標準，看看別種元素需要多少比例的重量，才够和這標準元素的單位重量化合，完成反應產生一種化合物。在許多元素當中，那一個可以作為標準呢？首先我們要知道，担任這個任務的元素，它的基本的條件什麼？最主要的條件有二：

1. 這種元素(原子)必需能够和很多種的其他元素(原子)化合；使比較重量的工作容易着手。
2. 比較結果(就是各種元素和標準元素化合重量比)所得的數值；應該儘量成功整數，個別的數值要比1更大。

在許多元素裏面符合這種條件的，唯有氧。因為氧和多數其他原子(元素)都能够產生化學作用成功化合物，而且假定氧的標準數值是 16.0000 的時候(為什麼要用這個數值，下一節再說明)；其他元素的數值，包括最輕的元素——氫，都不會比1小，所以最適合。這個數值叫做原子量 (Atomic weight)；原子量只是原子重量的比值，所以沒有單位。

2.4 化 合 量

假定氧的原子量是 16.0000，和氮按照倍比定律化合成功種種化合物的時候，重量的比值，到底是怎樣呢？

氧 化 物 名 稱	氧量(克數)	化合所需的氮量(克數)
氧化亞氮	16	23.016
氧化氮	16	14.008
二氧化二氮	16	7.004

由上列關係求得別種元素在個別化合情形下，相當於 16.0000 克氧的重量(如氮；

叫做該元素在個別情形下的化合量(Relative combining weight)。化合量在個別情形下,可以和原子量吻合;有時則是牠的整個倍數。

2.5 原子量測定法

測定一種元素的原子量,方法很多,一般是採用一種精密的分析來分析該種元素某一種成分確定化合物的組成。由這種數據,假設這種成分確定的化合物是氧化合物,就可直接把化合量計算出來,再估測原子量;假設不是氧化物,也可以間接估測原子量。這種方法是很準確的,不過太過冗長,在粗略測定的時候,我們常常採用別種更簡單的方法:例如度隆和柏特法(Dulong and Petit method)。

這種測法是測定該元素的比熱(Specific heat)。所謂元素的比熱,即是使一克元素,溫度升高一度所需的熱量(熱量的單位用卡)。度隆和柏特兩人在1818年發見每一種元素的原子量(約計數)和牠的比熱乘積都是在6和7的數距裏;由是便採取了一個中間的數字,就是6.4。由他們的實驗引出來一種關係式,就是:

$$\text{原子量} = \text{比熱} \times 6.4$$

$$\text{原子量} = \frac{6.4}{\text{比熱}}$$

例如:鎢的比熱是0.116卡;那麼由這個公式可以算出原子量是:

$$\frac{6.4}{0.116} \quad \text{約數是} \quad 55$$

2.6 亞佛加德羅常數

原子量是各種元素原子重量的比較;所以是一種沒有單位的比值。目前我們所用的原子量,是經過國際原子量委員會會議修正公佈的。修正的時候,大抵每年一次,是根據每年裏各方面權威學者測定的數據,提出來經過大家討論公決的。因為分析化學所用的方法不時在進步,所以每年都有許多修正。現時所用的原子量是以氧等於16.0000為基礎計算出來的。在化學計算裏頭,我們常常以克做單位來表示原子量,所以常稱克原子量(Gram atomic weight)。例如說鎢的克原子量是16.0000克。

要是跟原子的數目連繫起來,我們就很願意探討出來每一克原子量的元素,(例如16.0000克的氧)究竟是含多少原子呢?依據種種精密的間接實驗估計,我