

无机化学通论

中華民國二十五年十二月初版

(584242續)

中D六五〇

周

大學叢書
(教本)

無機化學通論一冊

每冊實價國幣陸元伍角

外埠酌加運費匯費

版權
所有
必究

著者 李喬

校訂者 周名崇

發行人 王雲五

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

(本書校對者 曹鈞石 朱仁寶)

例 言

(一) 本書所用名詞係遵照二十一年十一月教育部公布的化學命名原則而定。

(一) 本書所稱溫度除有特別標明外，皆指攝氏溫度。

(一) 本書所用度量衡爲萬國權度通制，譯名如次：

長 度

耗 (Millimètre)

呎 (Mètre)

厘 (Centimètre)

丈 (Décamètre)

粉 (Décimètre)

容 量

厘 (Centilitre)

斗 (Décalitre)

分 (Décilitre)

石 (Hectolitre)

升 (Litre)

立方厘 (Cubic centimètre, c.c.)

重 量

毫 (Milligramme)

克 (Gramme)

厘 (Centigramme)

兩 (Hectogramme)

分 (Décigramme)

(一) 本書篇末載有各種重要附表以備學者參考。

總 目 錄

✓ 第一章	緒言	1
✓ 第二章	物質和能	5
✓ 第三章	元素, 化合物, 混合物	18
✓ 第四章	化學的名詞和符號	25
第五章	氫	32
第六章	氧和臭氧	46
第七章	化合律和原子說	65
第八章	氣體的通性	76
第九章	物體狀態的變化	93
第十章	氫氧化合物	108
第十一章	分子量和原子量	134
第十二章	化學式	168
第十三章	化學方程式和計算法	181
第十四章	氮	193
第十五章	大氣	198
第十六章	溶液	216
第十七章	化學變化和化學平衡	250

第十八章	電解和電離	267
第十九章	酸,鹽基和鹽	306
第二十章	氮的重要化合物	326
第二十一章	元素分類法和週期律	358
第二十二章	鹵素	380
第二十三章	鹵素的含氧化合物	418
第二十四章	氧屬元素	426
第二十五章	氮屬元素	487
第二十六章	碳和其重要化合物	546
第二十七章	燃燒和火焰	575
第二十八章	熱化學	587
第二十九章	矽和硼	599
第三十章	金屬	628
第三十一章	鹼金屬元素	636
第三十二章	銅屬元素	697
第三十三章	鹼土金屬元素	732
第三十四章	鋅屬元素	762
第三十五章	土金屬元素	781
第三十六章	錫屬元素	803
第三十七章	鉍屬元素	835
第三十八章	鉻屬元素	844
第三十九章	錳	862

第 四 十 章	鐵屬元素	876
第四十一章	鉑屬元素	914
第四十二章	放射性	926
第四十三章	新原子論	955
第四十四章	同位素	969

無機化學通論

第一章

緒言

我們為什麼要學化學？我想這必是初學化學者一種懷疑的問題，本書現在開宗明義對於這問題應有個充分的解釋。

我們看見天地間許多東西，有些就可立刻彼此分別出來；比如，金、鹽、水、油、氣等，都是很容易分別的東西，因為吾人五官對之各有不同的感覺。

我們研究一種東西，由視覺的觀察便能說明其大小，形狀，顏色，等等；由嗅覺，感覺等，又可以說出其它性質。但是專靠着這些觀察，很容易發生錯誤，所以我們除了五官觀察之外，不能不用其它較精密的方法去研究一種東西的性質。

我們所研究的東西若是固體，我們便可以試驗它是脆性或軟性；能發響或不能發響；我們還可以把它加熱，看它能熔化或不能熔化；又可以加入別種東西，看它起變化或不起變化。

用這些方法去觀察一種東西的特別性質，結果必定和它種東西大不相同，於是我們才能夠確實的把它們辨識出來。

我們若熟習了那些組成地殼，河海，空氣，和動植物的各種物質的特別性質，我們便能辨識宇宙間萬物；由是却生出種種問題：為什麼這一種東西和那一種不同？金何以和鹽不一樣？這兩種東西是不是相同或不同物質組成的？它們是由什麼做成的？或含有什麼？它們的成分是什麼？

我們學習化學的第一目的便是研究種種物質的成分。

天地間萬物既然各有不同的性質，由是常常發生種種變化。一年四季，吾人周圍的自然界裏循環所起的變化不知道有多少！水在冬天凝結成固態的冰，氣候溫暖，又還成液態的水；水若充分加熱，便沸騰變成蒸汽，蒸汽寒冷又變成水。糖和鹽放在水裏，便不見了；一塊光亮的鋼板放在空氣裏，它就生鏽，慢慢的變成紅褐色粉末；紙，木，或煤炭燃燒時，發生一種奇異的變化，它們都沒有了，只剩下黑色或灰色的灰末。植物和動物生活變化也很奇怪，植物吸取空氣，水分，和土壤，變成了植物質；動物食下植物質如蔬菜，五穀等又在其體內變成了肉，脂肪，和骨。

照上面所說，天地間萬物的性質和變化能感觸於吾人的五官者，統叫做現象 (phenomenon) 或自然現象 (natural phenomenon)。關於生物的現象歸在生物學研究；關於物理的現象歸在物理學研究；化學這科是研究關於物體實質變化的化學現象。

所以反過來說，研究物質的變化和發生變化的狀況便是我們學習化學的第二主要目的。

但是，自然現象是很複雜的，一種現象之外，同時常有他種現象混雜發生；而且所起現象的時間很短暫，所以學者對於自然現象的研究很

覺困難，差不多是事實上所不易辦到的。因此，科學家就想出法子，把各種極複雜的自然現象一件一件在實驗室裏，可以應用器械，來從容研究，這就叫做試驗或實驗 (tests or experiments)。觀察實驗的結果叫做事實 (facts)。由事實發生推想，推想未必確實，又要靠着實驗來證明 (experimental evidence)。

例如，從前化學家因為討求通常蠟燭在乾燥空氣裏燃燒後的結果，曾經行過實驗，他們觀察實驗的結果，說是可以得到水或蒸汽：這就是一個事實。由這事實便發生幾種推想：可以推想它是單由燭中來的，或是單由空氣中來的，或是一部分由燭中，一部分由空氣中來的；由是必須再行實驗，最後到完全和推想符合，可以決定蠟燭燃燒何以得水，水從何處得來為止。

把各種實驗的結果集合起來，成了許多事實，綜合許多事實，能用一句話概括說明一種現象或事實確是適合於一定的法則，叫做定律 (rule, generalisation 或 law)。比如，現在說一句話：“各種蒸汽或氣體在充分低溫時都能變成液體”，這就是一個定律，這定律自然是由很多很多實驗的結果得來的。

由前所說，由實驗結果得到定律，但是本此定律終於不能說明事實的理由，所以再進一步就是想像那定律的道理，有這想像，可以便於說明，而且可以幫助我們的推考，叫做假說 (hypothesis)。但是假說不過是一種空幻的理想，未必都能和事實符合，又要靠着實驗來證明。若是假說不能由實驗的結果證實，或是不能和它種事實符合，那末，這個假說就無用了，又須換個新的假說。若是實驗結果與之符合，而且和源源

而來的種種事實都能一致，假說的價值便增大起來，變成學說(theory)。

古來化學家由實驗而事實，而假說，而學說，一層一層的研究，所以化學的科學就一天比一天的發達。事實雖然不變，但是假說和學說有陳舊的時候，也有更新的時候，化學的學術却是沒有不往前進步的。

第二章

物質和能 (Matter and Energy)

上章說過自然界裏的變化，千差萬別，不可紀極；論其因果不過兩端：一是物質，一是能——物質起變化，能則主宰所有的變化。很多變化的結果，得到一種生成物完全和原來不同。鐵生鏽之後，鐵鏽和鐵是不一樣的。一塊煤炭燃燒之後，變成了看不見的氣體，和一堆的煤灰，完全和原來的煤炭不同。由這兩例看起來，我們對於這些變化的實在性質發生很多疑問，它們何以能發生變化，而且變化後的生成物何以和原來的東西不同？

解釋這疑問，第一是關於能，第二是關於物質，所以物質和能在化學科學裏關係非常重要；因此，我們在研究化學之前，對這兩者不可不先十分了解。

物 質

物質的定義 物是東西，質是性質，所以祇由物質兩字的字面看來，凡是具有性質的東西都可以叫做物質。但是這樣定義過於廣渙，由是把所有物質的性質分作兩種：一種是所有物質公同的性質，就是重量

和佔位性；一種是各種物質特別的性質，如色，味，比重……等。

就第一種性質言，凡是具有重量且在空間佔有位置者，都可以叫做物質，例如，空氣，水，玻璃，銅等都是物質，因為它們既有重量，且在空間佔有位置；又如電，熱，光等便不是物質，因為它們既無重量，且在空間又是無形的。

但是，這樣定義仍嫌寬鬆，如說水是一種物質，玻璃也是一種物質，究竟這兩種物質同樣或不同樣，自然須有個判別的標準；由是加入第二種性質——特別性質——成個完全定義是——凡具有重量且在空間佔有位置，由吾人五官的感覺，能分別彼此的性質者，便叫做物質。

物質和物體不同；物體是由物質所構成的。例如，由金成個金幣；由石成塊石板；由木成一張木棹；金幣，石板，木棹都是物體，金，石，木，却是物質。因此，有時相同的物體含有不相同的物質；有時相同的物質却構成不相同的物體——物體和物質的意義完全兩樣。

物質的一般性質 (1) **質量(Mass)**和**重量(Weight)** 物體裏所含物質全體的分量叫做質量；物體受地球引力的作用所生的力量叫做重量。質量便是物體自身的分量，和地球引力沒有關係，所以無論把物體放在那裏，它的質量都沒有變異。重量是物質被地球引力所作用而得；通常物體受地球引力的作用，觸着我們的感覺便覺着有重。我們舉起一個很重的物體便是我們用力抵抗着地球的引力。質量大的物體被作用的引力也大，所以我們覺着物體很重；質量小的物體被作用的引力也小，所以我們覺着物體很輕。引力之強和距離平方成反比例，引力之強若不同，物體的重也不同，所以放在高山頂上的物體比較放在平地的物體

常輕些。

測定物體的質量用天平。天平秤物體的質量和秤法碼的質量相等，所以兩端平衡；因為物體和法碼所受地球引力之強相等，所以兩端已經平衡之後，無論將天平移到那裏去都可以保持平衡不變。

由天平所秤得的量便是物體的質量，通常多叫做重量，理論上實是不對；但在化學工廠裏，質量和重量兩名詞習慣上差不多通用，沒有什麼區別。

科學上通用質量的單位為克 (gram)。1 克等於 1 立方釐的水在攝氏 4° 時所有的質量。

(2) 密度 (Density); 比重 (Specific Gravity) 物體的密度就是物體單位容積——1 立方釐——所有的質量。因為單位容積水的質量等於 1 克 (4°)，所以由物體密度的數值便可表示它比水重 (或輕) 若干倍，換言之，就是比重，因為比重是某容積物體的質量對於同容積水的質量之比。

氣體很輕，所以表示它們密度的數值很小；——如氧的密度祇有 0.001429——應用上非常不便。因此，把這種密度叫做絕對密度；通常又另用了一種比密度為氣體的密度。比密度是什麼？比密度是某種氣體一定容積的質量對於同容積標準氣體之比。標準氣體從前係用空氣，所以某種氣體的比密度便可表示它比空氣重若干倍。嗣後因為氫是最輕的氣體，又改用氫做標準氣體，假定其密度為 1。近來又常用氧做標準氣體，假定其密度為 16，所得結果却和用氫差不多。依此標準，假若說氮的密度是 14.01，就是說，同容積氮的質量和氧的質量之比等於 14.01

和 16 之比。

(3) 物質的其他性質 物質的其它性質如顏色，硬度，光澤，透明性，溶解性，熔點，沸點，物理的狀態(固態，液態，氣態)，傳熱性，傳電性等，都是各種物質的特別性質；由這些性質可以把不同物質彼此分別出來；但是，這些性質因觀察時的物理的狀況常有變異。例如，汞的紅色氧化物當加熱時差不多變成黑色，但若冷卻，却又回復其原來顏色。水的溫度增高，密度便漸漸減小，所以暖水常有上昇的傾向；不但水如此，差不多各種液體都是這樣。各種氣體在低溫高壓之下，都能變成液體，且其沸點和凝點都因所受的壓力而不同。

物質的變化——物理的變化和化學的變化 前章說過，研究物質的變化乃是我們學習化學的一種主要目的，但是物質的變化有種種，有些叫做物理的變化(physical change)，有些叫做化學的變化(chemical change)。物理的變化常歸在物理學裏研究；化學所研究的，大半是化學的變化。

一條鋼針在一塊磁鐵上邊摩擦之後，鋼針便起了一種變化，因此發生吸引鐵屑的性質；又一條火柴在火柴匣子旁邊摩擦之後，火柴也起了一種變化發生火焰。同是摩擦的結果，所得兩種變化却不相同——前者是物理的變化，後者是化學的變化。

冰遇暖時，由堅脆的固體變成透明流動的液體；蛋白質受熱時，就由無色透明的液體變成白色不透明的固體。這種變化初看似相似，其實大不相同：冰之變水是物理的變化，蛋白質凝固却是化學的變化。

又，某種物體——如含有所謂發光塗料(luminous paint)的東西

——放在太陽光裏，就起了一種變化，再把它放在黑暗裏便放出閃爍的微光。把一塊磷放在暗裏也能發光。兩種物質的發光，彷彿是同樣變化的結果；其實不然，磷之發光因其表面一部分起了化學的變化，發光塗料之發光不過是一種物理的現象罷了。

化學和物理兩科學有互相密切的關係，所以化學的變化和物理的變化表面上也非常相似，初學者很不容易分別。兩種變化根本的不同的地方就是：物理的變化祇是形狀變異，物質的成分却未曾變化；化學的變化不但形狀變異，且其物質的成分也起了變化。讀者若明白這一點，那末對於兩種變化的區別就沒有什麼困難了。

由前邊所說的實例可以看得出來：鋼針雖受磁力變其性質，但其成分仍然不變，而且它所變的性質并非永久不失，失掉之後，又可再得；火柴便不是這樣，燃燒之時經過一種物質的或永久的變化，能燃性的物質決不能再燃了，而且永遠不能回復其原來物質了。冰之變水不過變成流動性，冷後可以再復其原形狀，復原形狀後，又可使之變成液體，其物質并未曾發生何種變化；蛋白質的凝固就不然了，變化之後也就永遠不能再回復其原來狀態了。

同理，發光塗料漸漸不能發光，至於回復其原狀；但若再曝於日光之下，它又能得到發生磷光的性質，而且這種變化可以往復不已，無害於其本性。磷之發光是經過一種緩慢的燃燒，發生白色物質——磷烟——若任其繼續的變化，便一直燃燒發光，至於全塊消失完全變成白烟而止。

物質的構成 (1) 分子 (Molecules) 據古昔化學家和物理家的研

究，想像物質是由微粒所集成的；各種物體，無論是固體，液體，或氣體都含有無數極小我們目力所不能見的微粒。這些微粒叫做分子。同種物質的分子性質相同：如硫的分子都是一種，水的分子又是一種；硫的化學性質就是硫分子的性質，水的化學性質就是水分子的性質，所以無論何種物質都可以想像它們是屬於微粒的構造 (grained structure)。

依上所說，分子的定義是：物質分為極小，但不變其固有性質的微粒。

關於分子和分子間的組織，從前學者也曾有種種研究，據他們的論定，大抵不出於兩途：不是接連的，就是空隔的。我們由固體，液體，氣體擴散的性質，對於分子接連的組織的假說，很抱懷疑，因為兩種接連的組織的物質如何能在同時間內佔着同一的位置？我們又由氣體壓縮的性質，也發生同樣的疑問。把接連的組織的物質放鬆，如何能膨脹？把它加壓如何能縮小其容積？假設物質分子間的組織是空隔的，一個分子和別個分子中間留有空隙，那末，上述疑問就不難解釋了。物質受了壓力，其各個分子便互相密接，減小其空間容積，所以它的全容積也就減縮。這樣說明在紀元前 177 年亞歷山大氏 (Alexandra) 已經說過：“空氣微粒間的空地如同砂粒間的空地一樣；空氣受壓時，其微粒便擠向空地，除去壓力時，它們又回復到原來的地位來。”反之，放鬆壓力便使分子間的空地增大，所以分子互相離開。這種理想如果確實，我們就會解悟一種物質對於它種物質擴散的理由。例如，氫向空氣裏擴散；染料向水裏擴散；金向鉛裏擴散，全是因為物質分子裏面略有空隙可以容受它種物質加入的原故。因此，我們觀察各種物質的物理的性質和化學的

性質之後，便可以斷然的論定：物質是空隔的組成，決不是接連的；就是說物質的分子和分子中間是空隔的，決不是接連的。

物質的分子和分子中間雖然空隔，但各分子間却有一種相互的能力。這種能力可以當作物理的能力，或是斥力，或是吸力。

分子是靜止的或是運動的，這也是一個很費研究的問題。由擴散的現象更可以使我們想像到分子必定常在於迅速運動的狀態。假使分子是靜止的，一種氣體如何能擴散到它種氣體裏去？由這擴散現象以及比重不同的氣體混合物的現象可以證明氣體沒有一刻是靜止的，氣體的分子實是不停歇的運動，向各方面遊行。又把氣體密閉在器裏，器壁便受了一種壓力，這種壓力便是氣體分子以大速度衝突器壁生出壓力的明證。

上述分子運動的學說叫做分子運動說 (kinetic theory of molecules)。自從 1738 年旦尼(Daniel)，勃諾里(Bernoulli)等氏提倡以後，又經過了許多學者的研究，才成爲一個很重要的學說。

固體的各分子比較的接近，所以分子的運動很鈍緩。由固體很小的壓縮性，以及很慢的擴散性，可以證明固體分子的流動性是很小的。固體若非受化學的或機械的作用，縱使經過長時期，依然能保持其原來形狀，這就是因其分子不很流動的原故。

液體分子似乎比固體活動些，故其形狀能隨容器而變異。其分子時時向各部分遊行，不過其行程不及氣體那樣迅速罷了。

分子是非常細小的微粒，故其大小，重量，到今還未曾得到確實的測定。設把洋紅染料的微粒投入水裏，水的全部便顯出紅色；若更加二