

專 科 化 學

(上 冊)

潘 家 寅 編 著

臺灣中華書局印行

中華民國六十三年七月六版

專科化學 (上冊)

全二冊

基本定價壹元捌角正
(郵運滙費另加)

編者 潘家寅

發行人 熊鈍生

印刷者 臺灣中華書局印刷廠

發行處 臺北市重慶南路一段九十四號
臺北市重慶南路一段九十四號
郵政劃撥帳戶：三九四二號

Chung Hwa Book Company, Ltd.
94, Chungking South Road, Section 1,
Taipei, Taiwan, Republic of China

(臺灣)甲書



編輯大意

邇來爲配合經濟建設，廣設專科學校，然專科適用之普通化學教材教育部尚未頒佈，於是課本之選用頗費斟酌。蓋大學課本及高中課本均非所宜，乃不爭之事實。按普通化學非僅化工科所主修，一般科系亦均須修習之，故實爲一基礎課程。近年來，世界各國對科學教育之推進不遺餘力，而教材之改進亦多新猷，尤其理論方面汰舊佈新，講授方式亦淺入深出，引人入勝，與已往教材相較實不可同日而語矣。

不佞執教臺北工專十餘載，竊以爲鮑林著大學化學爲大學教本甚符時代需要，故不揣謏陋，譯爲本國文字，稱爲「大學化學」，已在中華書局出版。至於高中化學，則已由教育部於民國五十三年三月頒佈教材大綱，泰半採用美國 CHEM 之內容，以其新穎而淺顯，實明智之舉。蓋其中之取材不僅符合現代高中水準，且可做爲今後修習鮑林大學化學之進階。可堪吟味者，兩書之編訂若合符節，前後啣接，例如鮑林大學化學中以 Boltzmann 分配律論證氣體分子動能分配情形，而在 CHEM 中則以淺顯之實驗及圖片，不藉助於高深數學即可說明。高中學生能瞭解能量分配者，已往教材中尚不多觀。又如近來趨勢，研究物質必與能量並重，在上述兩書中亦十分強調此點，故教材中均分別論述之。

今就專科用普通化學教材論，似應介乎大學化學及高中化學之間，且應兼顧理論與實際。故融合二者，以符合專科之用。又有鑒於專科學制分五年，三年，及二年三種。而專科各科系對普通化學之要求亦不盡相同。故編訂此書時，儘量由淺入深，顧及各種需要。在必要之章節後註以「*」號，如教學上時間不充裕，或配合實際情形，可由教師酌予取捨。

例如：第二章第 2-5.2 節「以質譜儀測定原子量」*，在目次中及課文中均註以「*」號以識別之。

關於實驗教材，則可採用中華書局出版之「高中化學實驗」亦尚符合專科之需要。

以上略陳堯筠之見，希方家指正。

潘家寅於臺北工專
民國五五年九月日

常用元素之原子量 (約數)

NAME	SYMBOL	ATOMIC NUMBER	ATOMIC WEIGHT	NAME	SYMBOL	ATOMIC NUMBER	ATOMIC WEIGHT
Aluminum	Al	13	27.0	Manganese	Mn	25	54.9
Antimony	Sb	51	121.8	Mercury	Hg	80	200.6
Arsenic	As	33	74.9	Molybdenum	Mo	42	95.9
Barium	Ba	56	137.3	Nickel	Ni	28	58.7
Beryllium	Be	4	9.0	Nitrogen	N	7	14.0
Bismuth	Bi	83	209.0	Oxygen	O	8	16.0
Boron	B	5	10.8	Phosphorus	P	15	31.0
Bromine	Br	35	79.9	Platinum	Pt	78	193.1
Cadmium	Cd	48	112.4	Potassium	K	19	39.1
Calcium	Ca	20	40.1	Radium	Ra	88	226.1
Carbon	C	6	12.0	Rubidium	Rb	37	85.5
Cesium	Cs	55	132.9	Selenium	Se	34	79.0
Chlorine	Cl	17	35.5	Silicon	Si	14	28.1
Chromium	Cr	24	52.0	Silver	Ag	47	107.9
Cobalt	Co	27	58.9	Sodium	Na	11	23.0
Copper	Cu	29	63.5	Strontium	Sr	38	87.6
Fluorine	F	9	19.0	Sulfur	S	16	32.1
Germanium	Ge	32	72.6	Tellurium	Te	52	127.6
Gold	Au	79	197.0	Tin	Sn	50	118.7
Hydrogen	H	1	1.01	Titanium	Ti	22	47.9
Iodine	I	53	126.9	Tungsten	W	74	183.9
Iron	Fe	26	55.9	Uranium	U	92	238.0
Lead	Pb	82	207.2	Vanadium	V	23	50.9
Lithium	Li	3	6.9	Zinc	Zn	30	65.4
Magnesium	Mg	12	24.3	Zirconium	Zr	40	91.2

專 科 化 學

上 冊 目 次

第一章 緒 論

1-1 科學活動·····	2
1-2 科學之測不準性·····	8
1-3 科學資料之傳授·····	12
1-4 結論·····	14

第二章 原 子 理 論

2-1 氣體之通性，兼論科學模式之含義及發展·····	19
2-2 分子與原子·····	22
2-3 物質：元素及化合物·····	28
2-4 原子量，分子量及摩爾·····	34
2-5 原子量測定法·····	38
2-6 正確原子量之發現，類質同像·····	43

第三章 化 學 反 應

3-1 化學反應諸原則·····	50
3-2 質量不滅定律及其他化合定律—— <u>道爾頓</u> 原子學說之論證·····	52
3-3 化學方程式·····	54

第四章 氣相：氣體動力論

4-1	氣體之摩爾體積	65
4-2	氣體動力論	73
4-3	氣體定律	79

第五章 凝相：液體與固體

5-1	純質	98
5-2	溶體	103
5-3	物質之電性	116
5-4	凝相之電性	120
5-5	固體之種類	124

第六章 原子結構與週期表

6-1	核原子模型	144
6-2	週期律與週期表	157
6-3	最簡單之元素族——鈍氣	164
6-4	鹼金屬	168
6-5	氫——獨成一屬	172
6-6	第三列元素	173

第七章 化學反應之速率

7-1	熱與化學反應	181
7-2	能量不滅定律	189
7-3	存在於分子中之能量	192
7-4	影響反應率之因素	201
7-5	能量與反應速度之關係	210

第八章 化學反應之平衡

8-1 平衡之定性討論	220
8-2 平衡狀態之改變因素	222
8-3 平衡之達成	224
8-4 平衡之控制	224
8-5 平衡之定量研究	227
8-6 決定平衡之因素	233
8-7 平衡原理之應用	238

第九章 酸,鹼與鹽

9-1 強電解質與弱電解質	245
9-2 酸與鹼	248
9-3 酸之強度	258

第十章 氧化還原反應

10-1 電池	268
10-2 電子轉移及預示反應	274
10-3 氧化數	281
10-4 氧化—還原反應之平衡	282
10-5 電解	285

第十一章 化學計算

11-1 化學計算之範式	304
11-2 製造硫酸之計算問題	305
附錄 1 半反應之標準氧化電位	313

第一章 緒 論

1-1 科學活動	2
1-1.1 科學方法	2
1-1.2 觀察與記述	5
1-1.3 尋求通則	5
1-1.4 追究原因	6
1-2 科學之測不準性	8
1-2.1 測量之差度	8
1-2.2 導出量之差度	9
1. 加減法之差度	
2. 乘除法之差度	
1-2.3 差度之表示法	12
1-3 科學資料之傳授	12
1-3.1 I. 定性表示法	13
1-3.2 II. 定量表示法	13
1-3.3 III. 圖解表示法	14
1-3.4 IV. 數學表示法	14
1-4 結 論	14
習 題	17

第一章 緒 論

1-1 科學活動

人類探究宇宙，仰則觀象於天，俯則觀法於地，近取諸身，遠取諸物。對自然界衆多現象之發現以及知識之積聚，代代相傳。當時，研究化學之先民對事物性質之豐富知識實超過亞里士多德，蘇格拉底或勃萊尼。近兩千年來知識之積聚及思維之建設，對人類極具價值。科學包括人類所需之了解，惟僅僅積聚事例，不足以言科學。蓋科學為系統化之知識，諸事例必須經過以一般定律及合理的結論方式，然後歸類，分析而成。

科學有甚多部門，如物理、化學、地質及天文均屬研究無生命質，稱為自然科學 (physical science)。而動物學 (zoology)，植物學 (Botany)，細菌學 (Bacteriology) 等研究生命有機體之科學，稱為生物科學 (biological science)。猶如研究人羣之學亦因相互間之聯繫而總稱為社會科學 (social science)，包括心理學 (psychology)，人類學 (anthropology)，社會學 (sociology) 及經濟學 (economics) 等。

1-1-1 科學方法

學習化學時亦將有時學習所謂科學方法。

科學家以多種方法工作。而科學上偉大發現常為稍縱即逝之想像力——亦即出類拔萃之理想——之成果。吾人讀物理時，見記載阿基米德 (Archimedes)，入浴時對一物體浸在水中，有重量變化一事（即阿基米德原理），豁然頓悟，乃有一新穎理想。此所謂靈感 (Flash of genius)。故好奇心及活潑之想像力實為科學偉大助力。

無人能知如何可以獲致新穎理想之法，且亦非所謂科學方法之一部分。但科學家仍藉一般常識及理論之合理方法，以解決所遭遇之問題。所遵循之過程即所謂科學方法，則可以學而知之。

科學方法之部分要求即研究者願意接受事實之全部，必須不存成見，因成見使之不能對若干事例藉科學方法所得之邏輯論證，予以純正地思考，亦不能獲致正確的答案。如謂：「余決意自行其是，請勿以甚多事例使余困惑。」如此則君將不能利用科學方法矣。

科學方法其餘部分則為邏輯論證。

使用科學方法第一步驟乃用觀察及實驗獲得若干實例。其次則將事例用一般記載分類之，且重組之。若此一般記載形式簡單，則可稱之謂自然律(Law of nature)。如較複雜，則可稱之謂「學說」(Theory)。自然律及學說又均可稱之謂“原理”(Principles)。

每種物質均有其自身之性質及特性。例如蔗糖為白色晶體，具甜味；鐵為灰色固體，有特定之密度，具有磁性。故各物質均可依據其性質而分類。

所有日常察見之物質均在連變中無時或息，水能變為冰或變為水蒸氣；石碳可燃燒而成灰燼；木材腐朽；金屬物件銹蝕；植物以二氧化碳，空氣及土壤中之礦物質而構成植物組織。化學家對此萬千程序深感興趣；而以衆多原理統御之。

現今，人類之壽命已較祖先延長，生活亦更趨康樂，因更了解自然物質之變化，及如何利用此等變化以製產適合現代需要及有益健康之事物。例如石炭經化學程序可轉變為焦炭，煤氣，煤瀝及各種分離而凝聚之液體，每種均具商業價值。氮及氣體燃料可由煤氣製成，煤瀝可變為消毒劑、醫藥品、染料、塑膠、炸藥及為數極巨之其他有用物品。

人類天生好奇，蘋果何以下落而不上升，日光為何有助於綠色植

物生長；而月蝕使月亮無光；某種元素放射能量，均屬驚奇不解。於是窮年累月創立假說及學說，以解釋此等自然現象。

我國先哲，古印度及古希臘哲學家對化學均曾做最早之假說，例如中國之五行，金、木、水、火、土；印度之四大，地、水、風、火；希臘之四元素，地、空氣、火、水，均具物質本源之觀念。

紀元前 400 年，Democritus 更啓迪一種思想，即物質均由最小之質點組成，此質點稱為「原子」。今藉觀察及實驗果然證明此思想為正確。亦即化學之一基本觀念。惟近代學說更為深入，確知原子由更微小之單位質點組成，即質子(proton)，電子(electron)及中子(neutron)。

我國古代思想家亦與古印度及古希臘思想家相同，具高度智慧以發展假說，但缺乏工具或相應之技術以證實其理想。故無精密實驗為後盾，則此等理想成為空論。我國古代即已從事金、銀、銅、鐵、錫及汞之提煉。古埃及對化學轉趨實際，已知製造玻璃、肥皂、松節油、糖、礬、硫酸、天然染料及顏料。公元七世紀時，亞拉伯人橫掃埃及，吸收埃及人之實用技藝及希臘人之理論，對科學又有邁進，尤以天文、數學為甚。且發展亞拉伯數字 1, 2, 3, 4……等及代數。

亞里士多德認為金屬可轉變為另一種金屬，此種推論使煉金術士十分嚮往。蓋此推理如屬正確合理，則錫或鉛或其他低廉之金屬可能轉變為黃金。此種思想支配數世紀之久，在宮庭中亦占重要位置。煉金固無成就，但因此發現若干新的化學質，均詳加記載。又發展新的化學技巧及方法，有新的設計及有用之儀器。

當時煉金術士有二夢想：其一、為尋覓「萬能溶劑」能溶解任何物質。果能覓得此種溶劑，實不知將以何種容器儲存之。其二、為煉製「長生不老之藥」，永保青春，至少，軀體長健。今知人體複雜，非簡單之飲料便可生效。前者，為發展冶煉之發軔，後者則為研究醫藥之濫觴。

總之科學活動肇始於人類之好奇心，於是集中精力，觀察現象，蒐集資料再加整理，而尋求其中之規律性，凡此過程均經一番博學，審問，慎思與明辨之功夫始克臻此。然既已獲得規律性，仍不能棄其好奇心，必又窮究其所以然，亦即尋求種種解釋(explanation)。爲達成此目的，首先僅獲一構想(Idea)，能解釋或關係其數量之事例，則稱此種構想爲假說。一假說能經歷更多考驗及實驗性之覆核，其構成之演繹法如與實驗結果始終符合，則此假說被重視而晉爲學說(theory)。最後將所得知識傳授後人，完成科學或知識之傳播工作。茲將科學活動依如下各步驟縷述之：

1-1-2 觀察與記述

科學的觀察，應集中精力，注意細節，敏予操作，鍥而不捨。若善於控制觀察之條件，則觀察最具效果，攸關成敗。若觀察時係在可控制情況下進行，則稱之謂實驗(experiment)，該實驗場所即實驗室。一切科學皆奠礎於實驗。

例如觀察燭之燃燒，以下條件可能無關重要。

在第一層樓實驗。

在白晝實驗。

實驗室中有燈光。

然對於下列條件則頗重要：

實驗台靠近窗口，不妨礙工作。

實驗室過於通風，火焰飄搖不定。

實驗者靠近蠟燭，呼吸亦能影響燃燒，故實驗者應詳加記述(description)觀察之所得。

1-1-3 尋求通則

觀察現象時常導致一問題，即其間有無規律性存在，如能發現共通

性常使觀察簡化，將若干觀察之現象歸納成類，則更可有效應用。惟尋求規律性不可一蹴即得者，往往迂迴曲折。例如做燃燒之實驗，取多種實物分別實驗之，可歸納成兩類：

1. 可燃物：樹枝、木掃柄、鉛筆、椅腳、旗桿。
2. 不可燃物：岩石、菓實、大理石、鎮紙尺、鐵釘。

初視之第一類之共同規律性有二：(一)均屬圓柱狀，(二)均係木製物，然對於可燃性之條件與前者圓柱狀無直接關係，而後者，木製物具可燃之規律性。乃得結論為「凡木質物為可燃」。將歸納所得之規律性，以通則方式敘述者，稱為假說。如與實驗結果始終符合者，則晉為「學說」或「定律」。

茲再舉一固體熔解之例，以釋通則之意義。

1. 溫度充分升高，固體物質即熔解成為液體。
2. 固體物質各具一定之熔解溫度。
3. 反之，熔解之液體冷卻時，亦在此同一溫度凝固。

此通則極具價值，悉以實驗為依據，故常利用物質熔點以鑑別物質。

1-1.4 追究原因

依據上述獲得通則後，繼即發生疑問：「何以有此通則？」「何以發生此等現象？」。具此審問之態度，即富有創造性之科學活動。

如何解釋此疑問，首先須選擇一為人熟悉之模式物系 (model system)，所謂物系即吾人所欲考慮之某特定範疇及其所含之物質，然後解釋「模式物系」與「研究物系」(studied system) (即問題本身) 兩者間之聯繫，如能滿足以下二條件：

- (1) 對模式物系十分了解。
- (2) 模式物系與研究物系有密切聯繫。

則所求之解釋有效。茲舉二例以明追究原因之真意。

(甲) 氣體壓力

吹脹氣球，顯然為將氣體壓入氣球內之行爲。何以氣體在氣球內使球壁脹大？此即吾人欲求解釋之「研究物系」。

今選一習見之現象，即在玻璃箱中投擊一乒乓球，則球在箱壁上往返做彈性碰撞，此種熟知之現象稱為「模式物系」。

今將氣體假設由球形粒子組成與乒乓球相同，僅具體而微之小粒子耳。此等粒子可在氣球中連續做彈性碰撞，而每單位時間碰撞數頻繁，故在氣球壁任何部分均受相同之碰撞力，此即氣體壓力，而氣球亦因之膨脹成球形。此即所求之解釋。

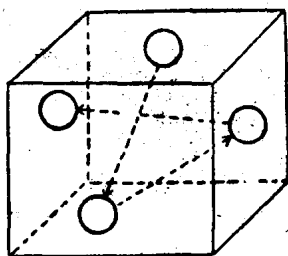


圖 1-1. 乒乓球在
盒內做彈性碰撞

(乙) 鋼絲絨之加熱

鋼絲絨加熱發生火花而不熔解其故安在？此為欲求解釋之「研究物系」。

茲選一熟知之蠟燭燃燒現象做為「模式物系」，已知蠟燭不能在缺乏氧之環境中燃燒，因此假定氧為燃燒之重要因素，推想鋼絲絨在缺氧環境下亦不發生火花，由此導出一新實驗：設計將鋼絲絨在二氧化碳氣中加熱，果見鋼絲絨僅在溫度充分高時熔解而不發生火花，因此得一結論：

「鋼絲絨在空氣中加熱，與蠟燭相同亦燃燒」。

「鋼絲絨在缺乏氧氣環境中（在二氧化碳氣中防止燃熱），溫度充分升高時與其他物體相同，亦熔解為液體」。

由此知識導致人類發明煉鋼（冶金）方法，故追究原因，初無功利之企圖，正如愛因斯坦之治學，並未欲製原子彈或利用原子能，而僅為尋求有關原子與物質間之關係耳。



圖 1-2. 鋼絲絨受熱發生火花及熔解

1.2 科學之測不準性

化學每一部門中均需計算化學反應所涉及之諸質重量，然測定此重量必有其測不準性（即差度 uncertainty）存在。因此自然界之規律既由觀察測定而得，故各規律中亦必有其精密之限度。

1-2-1. 測量之差度

茲有如下三數據(Data)：

53.°C

53.2°C

53.203°C

爲對位一二氯苯(*p*-dichlorobenzene)之熔點，何者爲最準確之數據端視所用方法，包括儀器及技術而定。一般實驗室中所用之溫度計，可區別熔點 53°C 或 54°C。如以改良之技術，如放大鏡及緩慢加熱以求溫度均勻，則可區別 53.0°C 或 53.2°C。若未使用特殊儀器如 Beckmann 溫度計，(其測定範圍可達 $\pm 0.002^\circ\text{C}$)，則吾人無法測得 53.200°C ~ 53.203°C。故根據實驗所得精確測定熔點之有效數字 (significant