

高等学校教学用书

无机化学简明教程

WUJI HUAXUE JIANMING JIAOCHENG

上 册

申 泮 文 編 著

人民教育出版社

高等学校教学用书



无机化学简明教程

WUJI HUAXUE JIANMING JIAOCHENG

上册

申泮文编著

人民教育出版社

本书是編者在原著天津广播函授大学化工系試用教材“普通化学”(第一至第十分册)的基础上修改而成的。其內容除进一步搜集了 1958—1959 年我国无机化学工业和科学研究方面的新成就和新发展外,还补充了一些重要知識,增加了某些在近代较为重要的稀有元素及其化合物,如铀、钍等。

本书內容除带*号章节可以删节不加讲授外,其余全部教材可作为綜合大学和高等师范学校生物各专业无机化学課程的教材。該书也可供业余大学化学系或化工系作为教材。

本书共二十章,分上、下册出版。上册包括第一章到十一章;內容为:緒論,原子分子学說,空气和氧,原子結構,分子的結構,化学反应,氫与水,溶液,电离学說,元素的周期系,周期系第七族。下册由第十二章到二十章以及附录組成,內容为:周期系第六族,周期系第五族,周期系第四族,周期系第三族,周期系第二族,周期系第一族,周期系第八族,元素的周期性以及原子核等。

本书上册最近在內容上作了若干修改,其中第一、六等章已重新編写,因此重排后作为第二版付印。下册仅在第十九章第一节增加了“元素的負电性”一小节內容,仍作为第一版重印。

无机化学簡明教程

上册

申泮文 編著

北京市书刊出版业營業許可証出字第 2 号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人民教育印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

統一书号 K13010·1038 开本 850×1168^{1/32} 印張 7¹⁵/₁₆ 插頁 2

字數 200,000 印数 8,501—17,000 定价 (6) 半 0.80

1960 年 9 月合訂本第 1 版 (共印 44,000 册)

1961 年 7 月第 1 版 1962 年 7 月第 2 版 1962 年 7 月北京第 3 次印刷

序 言

本书原名为“普通化学”，于1959年分十个分册出版，1960年經修訂后改名为“无机化学簡明教程”。1962年春又略做了进一步的修訂。

本书編写的系統大致是依照苏联教本B. B. 涅克拉索夫著“普通化学教程”一书的短周期表系統，但对内容做了較多的精簡和适当地增添了新的材料。在修訂本中依照1961年国际原子量的新規定做了必要的补充，整理了全书中采用的原子共价半徑和离子半徑数据（全部采用L. Pauling的数据），并对化学反应速度与化学平衡一章做了系統的整理。

由于本书采取簡明的叙述形式，在第十一章至第二十章事实材料部分中，沒有詳細地应用前面理論知識來說明事实材料，这是一个缺点，目前还来不及做較多的修訂。希望教师們在使用本书时，注意将前面理論材料和后面事实材料联系起来講授，以补不足。本书出版后不断接到讀者来信，提出勘誤或修正意見，謹向他們致以誠摯的謝意。由于著者缺乏經驗，謬誤之处仍所不免，希望讀者們能繼續提供意見，以便再版时再行修訂。

山西大学化学系 申泮文

一九六二年四月

上册目录

序言	v
第一章 緒論	1
第二章 原子分子学說	10
§ 1. 古代的原子概念	10
§ 2. 原子学說的理論基础	11
§ 3. 道尔頓的原子学說·分子观念的发展	13
§ 4. 分子量	15
§ 5. 原子量的測定	17
§ 6. 化学式和化学方程式	25
§ 7. 分子运动学說与原子分子存在的眞实性	27
第三章 空气和氧	35
§ 1. 空气	35
§ 2. 惰性气体	37
§ 3. 氧和臭氧	40
§ 4. 无机化合物的命名法	43
第四章 原子的結構	46
* § 1. 原子結構的复杂性	46
* § 2. 卢瑟福的核型原子	48
* § 3. 莫斯萊定律	51
* § 4. 原子核的結構	53
§ 5. 波尔的氢原子結構理論	54
§ 6. 原子的电子层結構	57
§ 7. 元素原子的电子层結構和周期系	63
§ 8. 元素的性質和原子电子层結構的关系	71
第五章 分子的結構	74
§ 1. 离子鍵与共价鍵	74
§ 2. 极性分子	88
* § 3. 分子之間的力	91

§ 4. 分子的結構式	94
§ 5. 晶体	97
第六章 化学反应	104
§ 1. 化学反应的特征·反应的热效应	104
§ 2. 化学反应速度的概念	110
§ 3. 化学平衡	119
第七章 氫与水	127
§ 1. 氫	127
§ 2. 水	130
§ 3. 过氧化氫	140
第八章 溶液	144
§ 1. 分子溶液	144
§ 2. 稀溶液的通性	152
第九章 电离学說	157
§ 1. 阿累尼烏斯的电离假說	157
§ 2. 电解质的离解	163
§ 3. 电离度	167
§ 4. 弱电解质在溶液中的平衡	171
§ 5. 水的电离	175
§ 6. 离子反应	178
§ 7. 盐的水解	183
§ 8. 化学反应和电流	187
第十章 元素的周期系	193
§ 1. 周期律的发展	193
§ 2. 周期表的近代形式	196
§ 3. 地球化学的概念	201
第十一章 周期系第七族	207
§ 1. 卤族元素	208
§ 2. 氧化还原反应	227
§ 3. 錳分族	241

第一章 緒論

研究化學的目的 化學是自然科學的一門，研究自然科學的目的在於掌握自然事物和現象的正確知識和它們的發展規律；我們掌握了這種知識和規律之後，就可以解釋自然界中不斷發生的變化，預見宇宙的未来面貌，並進一步利用這些知識驅使自然為人類服務。化學的研究對象是物質的性質、組成、結構及其變化和相關的現象和規律。恩格斯給化學下了最恰當的定義：化學是研究物質內在本性的變化的科學。化學的研究不是僅限於純學術知識的探討，而主要的是為了生產，它幫助我們從大自然里取得國民經濟所需要的東西。偉大的俄羅斯科學家羅蒙諾索夫在化學的實際應用剛剛開始發展時就說過：“化學一定能夠在人類事物的各个方面，得到廣泛的應用”。這位偉大學者的預言，現在正日益廣泛地被證實着。

物質及其運動 在我們意識之外，並圍繞在我們的四周，有一個由不斷運動着的物質所組成的世界。物質的存在是不以人的意識為轉移的。列寧說：“物質是作用於我們感官而引起感覺的東西，物質是我們感覺得到的客觀實在”^①。

物質永遠是在不停的運動（運動、變化、發展）中，運動是物質存在的形式。物質的運動形式是多種多樣的，恩格斯在自然辯證法中指出：“物質的運動，不僅是粗糙的機械運動、單純的位置變動，而且還是熱和光、電和磁的應力、化學的化合和分解、生命，並且最後是意識”^②。這些多種多樣的運動形式，是可以互相轉化的。毛主席在他的天才著作“矛盾論”中說道：“人的認識物質，就是認識物質的運動形

① 列寧全集，第十四卷，第164頁，人民出版社。

② 恩格斯：“自然辯證法”第18頁，人民出版社。

式。因为除了运动的物质以外，世界上什么也没有”^①。

在自然界中从电子、质子、中子等微小粒子到水、木材、铁……以及重力场、电磁场……等，都是运动着的物质的各种表现形式。我们把这些微小粒子、水、木材、铁……等叫做实物，它们是物质的一种基本表现形式；重力场、电磁场……等叫做场，是物质的另一种基本表现形式。

实物常常在进行各种各样的变化。这些变化可以概括成两大类：在一类中，变化后没有新的实物生成，而只是实物的一些物理性质的改变，例如水变成蒸汽，铁熔化了，等等。这类变化叫做物理变化。在另一类中，变化后生成了新的实物，例如木材的燃烧、铁的生锈等等。这类变化叫做化学变化。化学变化的发生是由于实物的内在本性（内部结构和组成）发生了变化。化学的任务就是要通过实物的化学变化，去获得对物质世界的深刻认识，以达到充分利用自然为人类造福的目的。

研究化学的方法 化学和其他科学一样，研究的方法是从观察现象开始的。人在实践过程中，先经过简单观察而获得一些感性认识。经过综合、归纳之后，就能把这些感性认识提高到概念，即提高到理性认识。科学家为了证实自己对于事物发展过程的理性认识是否正确，就需要进行实验工作，根据实验结果来判断自己的结论是否符合客观真理。经过验证的这种结论就成为理论，它在一定条件下反映了自然现象间的联系。

由此可见，化学的研究要求认识和实践相结合。化学实践包括化学实验和化学生产。在化学研究中，对研究题材作了必要的详细了解（调查研究 and 收集有关资料）之后，首先需要根据研究问题的性质进行大量的实验工作。化学家要在化学实验中进行精确的观察，来获得关于物质的性质和变化，以及它们之间的外部联系的知识。这些知识就是化学家得到的感性知识。经过多次实验多次观察获得更多的感性知

^① 毛泽东选集，第一卷，第296页，人民出版社。

識(記錄為各種報告或數據的形式)後,便可以進行分析比較,從而歸納出反映事物內在聯系的定律或定理。這一歸納過程便是認識的理性階段。所得到的定律或定理還必須放回到實驗工作中去考核,來檢驗它是否正確。定理的不正確處或不完善處又可以通過化學實驗結果來加以修正。化學研究的繼續還必須把上面所述的認識過程推向更高的階段,即進一步要對所得到的定律和定理做出本質的說明。化學家通過判斷和推理的工夫,對定律和定理提出來的初步說明,叫做化學假說。假說經不斷檢驗,修正逐漸加以完善,最後被人們接受時,便成為化學理論。整個化學研究過程便是化學家知識不斷發展的過程,從感性認識到理性認識不斷循環往復,不斷的提高和發展。

化學研究的最後,是把研究成果用於生產,用於人類改造客觀世界的活動中。因此化學生產過程也仍然是檢驗化學理論的過程,同時化學生產又反過來,給化學家提供大量的材料和問題,促進化學研究的進一步發展和化學理論的進一步提高。

化學在國民經濟中的重要性 在近代生活中,特別是人類的生產活動中,化學起着非常重要的作用。自然界只供給我們原料,如木材、果實、礦石、鹽、煤、石油等等。這些材料大多須經過化學處理,才能製出工業、國防和生活上的必需品,以及農業上需用的各種各樣材料,如金屬、顏料、各種酸、葯劑、炸葯、酒精、肥皂、皮革、鹼、肥料和農葯等等。要實現這些物質的製造,首先必須知道它們是怎樣製造的和在什麼條件下製造的。也就是需要知道化學變化的一般規律,而化學就給我們這種知識。

化學也研究自然原料最經濟的利用、生產中副產品和廢物的利用等問題,以及探求製造各種實物的最有效的新方法等。

化學作為社會主義建設重要因素之一,對於我國國民經濟的發展具有非常重大的意義。

化學的發展過程 “科學的發生及發展進程,歸根到底是

決定的”^①。根據現在已有的資料，化學科學起源於幾個古代文化發達的國家：中國、埃及、印度、美索不達米亞。在這些國家里，早在公元以前就已經發展起金屬冶煉、製造玻璃和陶器、染色等技術生產。

在我國古代，方士們（點金家、煉丹家）很早就掌握了金丹術。公元八世紀後，我國點金術通過與海外的通商而達到波斯，再傳入歐洲，成為近代化學的前驅。

我國古代書籍中記載的化學知識內容是非常豐富的。例如漢代煉丹者魏伯陽所著的“周易參同契”、“五行相類”等書，是現代知道的金丹術方面最古的著作。從這兩本書里可以看出我國在公元二世紀時，方士們已經掌握了相當多的化學知識了。我國另一有世界名望的煉丹家是晉代的葛洪。他是一個有多方面成就的著名煉丹家。他的作品“抱朴子”也被公認為煉丹方面的重要典籍。唐代煉丹者馬和（公元八世紀）在他的著作“平龍訣”里指出空氣成分的複雜性，而且還記載着氧的制取和燃燒的現象。這比西歐發現氧要早了九個世紀。

我國在春秋戰國時期，由於百家爭鳴，學術文化有很大的發展，哲學思想在這時也開始萌芽。在這一時期中，中國的哲學家對於宇宙構成的問題，曾有很多討論，最顯著的是後來成為金丹術家理論基礎的陰陽五行的學說。這種宇宙觀起源於道家，其後又有陰陽家一支派。所謂五行就是金、木、水、火、土。按這一學說，宇宙間的一切東西，都是這五種元素組成的。陰陽家則提出陰陽兩個力的要素，來說明五行如何組成萬物。這兩種要素一方面對立，一方面互相輔成，統一地存在於萬物的內部，把五行彼此間互相結合起來。陰陽五行學說是一種純朴的辯證唯物論觀點，特別是陰陽既對立又輔成的主張，是我國哲學家具有基本重要性的貢獻，在原則上它和近代物理和化學上關於物質結構的理論是不謀而合的。

① 恩格斯，自然辯證法，第4—5頁，人民出版社。

由于后来炼丹家的脱离生产实践，趋向于神秘，他們的理論得不到发展，而停留在原始的阴阳五行学說上，甚至当封建主义社会进一步发展向愚昧主义时，本来是唯物观点的阴阳五行論更被牵强附会，和星相、医药、命运、占卜等迷信观点結合了起来，因而得不到应有的正确发展。沿着金丹术发展的化学便也沒有在我国順利地成长起来。不过也有个别的实用化学技术，由于和生产实践相結合，在我国得到了輝煌的成就，例如从汉代开始的造紙术、唐代发明的火药、汉唐以来的陶瓷等等，都是我国劳动人民在世界文化史上的巨大貢獻。至于金属的冶炼，我国更早于世界其他国家，例如我国除了很早就会冶炼銅、鋼、鉄、金、银等重要金属之外，也是懂得用汞、鎳、鋅、錫、銻的最早的国家。

点金术傳入欧洲之后，最初也是被神秘荒誕的学說所統治着，到了十六世紀初，才发生了根本的变化。在欧洲許多国家內由于社会結構发生了变化，生产力的发展突破了封建制度的狹窄領域，而走向資本主义社会。发展生产和促进貿易的傾向急剧增长，要求突破保守思想、打破化学中的神秘观点，并对化学提出了生活上和生产上非常迫切的要求。

这样，炼丹术首先就向有实用意义的医药化学方面发展，并且使化学本身得到了发展的推动力。

到了十七世紀时，中、西欧各国的生产开始迅速擴張，冶金工业有了很大的发展。化学家的注意力主要注視在燃燒反应和氧化还原反应方面。这时便因生产上的需要，产生了概括性的化学新理論，这就是化学史上有名的“燃素論”(德国人史达尔 Stahl)。

这个理論說，一切被燃燒或被氧化的物体里，都包含一种特殊的物質，叫做燃素。物体被燃燒时，它本身所含的燃素便逸散出去。因此燃燒或氧化两种过程的本質便是失去燃素。在被氧化的物質(例如矿石)中加入含有燃素的物質(例如煤炭)便可以得到未被氧化的物質(例如金属)。这个理論被普遍地应用，并且在某种程度上几乎統一地說明了当时所积累的全部实验材料；此外，它引起了許多新的研究題材。在这

个时代里許多种气体被发现了，人們对于金属、氧化物、盐类也有了更多的認識。化学面临着大发展的前夕，简单且有内部矛盾的燃素論不但不能符合新发展的要求，反而成为化学科学进一步发展的絆脚石了。

燃素論的基本內在矛盾是：人們从来沒有在实验室里将燃素具体地分离出来加以研究过，此外，所有被氧化的金属总是比未氧化前重些，失去燃素反而重量增加，就不能不引起人們对它的怀疑。燃素論在統治化学 100 年之后，在生产力发展推动下所引起的化学中若干重要发明的面前，終于被彻底摧毁，繼之而起的便是近代的基本化学反应理論。

十八世紀四十年代，俄罗斯化学家罗蒙諾索夫首先提出物質不灭定律(1748 年)。这个基本化学定律說“参加化学反应的全部物質的重量，恒等于反应后产物的重量”。罗氏的定律給定量化学分析奠定了科学的基础，它給我們精确地进行物質組成和化学反应的研究提供了可能性。

法国化学家拉瓦錫，在化学工作中彻底地应用了罗蒙諾索夫的定量研究方法，把罗蒙諾索夫的物質不灭定律和当时氧气的发现結合起来，証明燃燒不是放出燃素的分解反应，而恰恰相反，是燃燒的物質和空气中的氧气所起的化合反应，根本否定了这种虛构的“燃素”的观点，改变了全部基本概念，使現代的化学体系开始建立起来。从 1800 年起近代化学便迅速地日益光輝地发展起来了。

十九世紀是化学近代基本理論奠基的时期。随着化学研究工作的发展，1804 年英国化学家道尔頓提出了原子学說，經意大利化学家亚佛加德罗提出的分子学說作为补充后，在 1840 年发展成为原子分子学說。在 1869 年俄国化学家門捷列夫提出了元素的周期律和周期系。1861 年俄国化学家布特列洛夫提出了化学結構学說。以上这几項重要工作，都是化学发展历史中的里程碑。

由于化学研究工作向多方面发展，内容越来越繁复，使这門科学

逐步地被划分，到十九世紀末二十世紀初，化学的基本理論部分已經显然被分成如下的学科：

无机化学——研究周期系中諸种元素的化学知識（除了碳氢化合物及其衍生物）的科学；

分析化学——研究物質的化学組成的測定方法、步驟以及有关原理的科学；

有机化学——研究碳化合物（碳氢化合物及其衍生物）的科学；

物理化学——研究化学現象与物理現象間的本質联系的科学。

由于不同科学領域的互相跨越，加以化学知識在各方面的应用，又发展出許多門类的交界科学和应用科学，有如生物化学、地球化学、农业化学、工业化学等。

到了二十世紀，化学受到物理学新成就的影响，获得了更大的发展。近代化学結構理論的建立大大地丰富了化学理論，并且也促进了化学科学中各个領域的飞跃前进。放射化学和高分子化学的建立与发展則是化学科学在本世紀的特点。

十月革命后由于苏联政府的重視和苏联化学家的努力，在化学理論中有很多重要的創造，化学与生产实践的結合获得了空前的提高。在苏联，在1956年建立了第一座原子能发电站、1957年发射了第一个人造地球卫星，1961年成功地发射了二架载人宇宙飞船并都安全返回地球。这些偉大的事件都說明苏联多种科学無論在理論上或技术上都已获得很高的成就，化学也是其中不可缺少的部門。

化学发展的傾向 随着化学科学的发展，它和其他科学領域間彼此越来越紧密地联系起来。化学和物理学、数学、生物学、地質学等科学发生了紧密的互相渗透，这种自然界諸現象的普遍联系与相互制約的結果，无疑将随着化学科学的发展而进一步地加强。

随着化学所包括各学科之越来越多地为新資料和新內容所充实时，化学科学便日益被精細划分，成为門类日益增多的复杂科学。例如

无机化学已在其进一步发展过程中被划分为普通元素化学、稀有元素化学、絡合物化学、无机合成化学、物理化学分析、同位素化学等。而这种細分学科正在有增无已，例如近年来金属化学也逐漸成为无机化学領域中的独立分支了。化学科学的精細划分表明，化学研究的物质运动形态的数目是在日益增多的，可以期望，在化学的今后发展中，一些新的、現代科学尚不知道的与化学运动形态紧密有关的物质运动形态，将会被包罗到化学的研究对象之中。

化学发展的明显傾向之一是化学与工业生产之間的关系的进一步加强。在社会主义条件下有可能保証每一化学发现后，較快地在实践 中找到应用，从而促进社会生活与加强人类对自然的控制。人类社会的进一步发展又将必然对化学提出更多的要求。当人类社会沿着化学与生产实践日益密切接触的发展上大步前进时，人类对于自然的控制也才能走到更理想的境界。

无机化学課程的任务 无机化学在化学系來說是本系化学課程的第一門基础課，是以后各种基础課的基础；对于理科非化学系的系科來說它是一門主要基础課。这門課程應該在門捷列夫周期律和近代物质結構理論的基础上，使学生获得有关化学元素和它們变化的較全面的知識，應該充分重視元素在自然界中的存在状况、矿物原料的提炼原理和元素及其化合物的实际用途。

无机化学課程的基本任务是給学生建立广泛的化学理論基础，使他們能应用周期律、原子結構及原子大小、質量作用定律、溶液理論等基本理論知識，去研究元素性質和化学反应进行的条件。同时要使学生适当詳細地学习周期系中的一切族和分族，尽量扩展他們在无机化学方面的感性知識。

通过无机化学实验和課外作业，應該使学生熟悉最重要化学实物的性質和它們的制备方法，同时使学生掌握化学实验的基本操作技术和練習解决計算性的和理論性的問題。

通过本門課程的学习，應該逐步养成学生独立工作的习惯和适当地訓練学生閱讀参考书。

学生在学习无机化学課程时，应当是已經完全掌握了中学化学教学大綱中所規定的材料，所以学生在学习本課程中每一課題之前，适当复习一下中学化学知識也是有一定必要的。

第二章 原子分子學說

§ 1. 古代的原子概念

在古代关于物質結構的哲学概念中，有两个彼此有联系的問題，一个是万物是由少数最基本的东西所組成的，还是每一种物質自有它独立的結構，而互不相关。在这个問題上有如前章所講，古代哲学家主張万物是由少数基本元素組成的，这和近代的物質結構理論还是一致的。另一个問題は物質的分割性問題，即物質是不是可以无限地分割下去，还是有限度的，分到一定程度便不能再分割下去了？关于第二个問題，我国战国时期(公元前四世紀前后)哲学思潮发达时，哲学家們是有一定看法的。庄子在他的著作天运篇中写道“一尺之捶，日取其半，万世不竭”。这句话的意思是：一尺长的一根棍子，今天割下一半，明天割下一半的一半，如此推下去，割取几十万年也割不完。他用具体的实例，来说明他对物質分割性問題的看法，也就是他主張物質是可以无限分割的。

和庄子有同样主張的还有他的同时代人惠施。

与此同时，另一派哲学家主張物質是不能无限分割的，可以用墨子作为代表。墨子在墨經下篇中写道：“非半不斲則不动，說在端”；这是說，物質到了沒有一半的时候，就不能切开它了，这种情况可名之为“端”。又說：“斲必半，毋与非半，不可斲也”，以及“端，是无間也”。从这些话里可以看出，墨派的学者具有很原始的物質小单位的概念。

在欧洲，差不多也是公元前四世紀左右，希腊的哲学家也有同样的两种主張，主張物質不能无限分割的是德謨克利特(公元前460—370)，他認為宇宙間一切物質都是由极端小的不可分割的粒子組成的。他把这些粒子叫做“原子”。主張物質可以无限分割的有刘賽博司。在科学

的原子論出現之前，在整个一段历史中人們总是就这两种主張进行爭辯，互不相让，虽然相信物質有最小的最后单位的人占有多数。

在中古以后的科学家中，如牛頓、波义尔、罗蒙諾索夫等人都是原子論的拥护者。

§ 2. 原子学說的理論基础

定組成定律 由于在化学理論中出現了罗蒙諾索夫的物質不灭定律和开始了現代化学的新体系，十九世紀里的化学研究工作就越来越精确。对于实物进行化合而产生新的实物的定量研究中，实物是依照它們的本性以一定的数量比例而进行化合，还是沒有一定的比例，可以以任何的量进行化合呢？这个问题經過长久的爭辯，最后到了1807年，化学家經過实验的証明，确定下来：每一种化合物都有完全确定的組成，这也就是說，化合物的組成，不因制备它的方法而改变。这个結論是化学上第二条基本定律——定組成定律。

当量定律 在定組成定律建立起来之后，人們可以精确地研究各种元素互相化合时的重量关系。英国化学家道尔頓从1803年起在这方面做了許多工作。他在化学中介绍了元素的化合量——后来叫做“当量”的概念。当量是某元素和1个（更精确些是1.008个）重量单位的氢相化合时，或是从化合物中置换1个重量单位的氢时所需的重量。他并根据实验导出一个当量定律，这个定律說：元素总是依照当量的比例而进行化合。因此，任何化合物的組成都可以用其中所含元素的若干当量数来表示。

求一种元素的当量是很容易的，只要知道它和一已知当量的元素相化合时的重量比就行了。

例如已知在水中含氢重11.1%，氧重88.9%。已知氢的当量是1，不难算出氧的当量是 $\frac{1 \times 88.9}{11.1} = 8.0$ 。