

高等学校教学用书

无机化学教程

上册

戴安邦 尹敬执 編著
严志弦 張青蓮

高等学校教学用书



无机化学教程

上册

戴安邦 尹敬执 編著
严志弦 張青蓮

江苏工业学院图书馆
藏书章

高等教育出版社

本書系根据前高等教育部 1956 年审定的綜合大学化学系無机化学教學大綱的内容編写的。适用于綜合大学化学系一年級無机化学課程的教學,亦适用于其他院校对無机化学有同等要求的專業,并可供中學教師和有关的業余讀者自修或参考之用。

本書分上下兩册出版,由戴安邦(主編)、尹敬执、严志弦、張青蓮等同志編著。

無 机 化 学 教 程

上 册

戴安邦 尹敬执 严志弦 張青蓮編著

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第 051 号)

天津印刷一厂印 新华書店發行

統一書号 13010·442 開本 850×1168¹/₃₂ 印張 15¹/₁₆ 插頁 1 字數 394,000 印數 10,001—17,000

1958 年 7 月第 1 版 1959 年 1 月北京第 2 次印刷 定價(5) 1.80

序 言

我国教育部制訂的無机化学教学大綱提出了無机化学这一課程的目的和任务。無机化学的教学目的是:在門捷列夫周期律和近代物質結構概念的基础上,使学生获得有关化学元素及其重要化合物的性質和相互关系的全面認識。無机化学的教学任务是为学生建立一个广泛的理論基础,并訓練他們能应用周期律、原子結構及其大小方面的知識、質量作用定律、溶液理論等,由理論观点去研究元素的性質以及化学反应的进行条件。同时,学生学习了周期系各族元素,足以大为扩展無机化学上的感性知識。教学大綱充分地重視元素在自然界中的行为、矿物原料的提煉原理、元素及其化合物的实用意义。

我們根据教学大綱所提出的目的和任务,确定了一些編写原則。首先是要求遵照教学大綱的內容作比較全面而有系統的叙述;其次是注意理論从事实出發,事实与理論联系的原則。在編写之前,先將教学大綱內容的先后次序作了若干改变。周期律和原子結構等章皆略为移后。先提原子分子学說,使溶液及化学反应和化学平衡等章可应用原子分子学說的概念以作說明。这时得有較多的事实資料以供周期律和原子分子結構的討論。各理論的叙述皆尽量从事实到理論。在理論既提出之后,又尽量使叙述部分与理論联系。

無机化学的教学必然包括元素的系統闡述。除氫、氧、水等应在溶液之前学习外,元素的討論都在周期律提出之后,并且基本上是先探討非金屬,然后金屬,大体上按長式周期表的安排。在介紹全部元素之后,討論原子核,再以周期律进行总结。

教学大纲规定应协助培养学生的爱国主义与国际主义精神。除在各章节中加以适当的貫徹外，在緒論中叙述了我国当前生气蓬勃的偉大的社会主义建設事業和化学的基本任务。苏联是我国學習的榜样，因此我們以較多的篇幅作了介紹。教学大纲并要求协助發展学生的馬克思列宁主义的世界觀。相应地，我們在緒論、周期律、原子分子学說等章中曾努力加以滿足。

本書在元素的系統叙述中，可能偏于繁細，因此將較為次要的材料印成小字，以便讀者在使用此書时斟酌取舍。关于化学名詞，尽量使用通行的名詞。但是有些名詞，如“矽”或“硅”，哪一个比較合适，有待于实践中的考驗。

在旧中国时代，高等学校基本上沒有無机化学这一課程。当时采用美国学制，对大学化学系一年級学生进行“普通化学”的教学，以致学生缺乏化学元素的系統知識。解放后，在党的正确領導下，高等教育于 1952 年进行了全面改革，結合实际地大力向苏联學習，以苏联的教学計劃和教学大纲为藍本，于是大学中普遍設立了無机化学課程。但在教材方面，几年来尚缺适合本国情况的課本。教育部为了进一步提高教学質量，特組織一部分力量自編“無机化学教程”。本書就是这一措施的产物。

这部書的初稿系在 1957 年暑假中匆匆分工写成。上册經若干大学一个学期的試用后，即于寒假逐章討論修改，先行出版，以便在 1958 学年度中供有关高等学校采用。下册初稿的修改和出版，为期在半年之后。我們受教育部的委托，編写此書；在編写过程中，多承教育部的关怀和支持，深觉感奋。我們并感謝高等教育出版社的努力，使本書能早日和讀者見面。承蒙丘宗岳、張子高、徐光宪教授、申泮文副教授等对上册初稿提示宝貴的意見，深表感謝。又承金若水、沈靜蘭、張有朱、戴乐蓉諸同志协助抄写和繪圖，山东大学曾將初稿加以油印，并致謝意。

我們感到限于水平和時間，在本書中一定有很多缺點，甚至錯誤。因此，希望讀者隨時來函指正。擔任無機化學課程的教師同志們，在使用本書時請經常注意修改，我們竭誠希望獲得協助，以便在再版時能提高質量。

教育部無機化學教材編寫小組

南京大學無機化學教授戴安邦(主編)

山東大學無機化學副教授尹敬執

復旦大學無機化學教授嚴志弦

北京大學無機化學教授張青蓮

1958年5月

上册目录

.....	1
一章 緒論	1
1. 化学是研究物質及其变化的科学	1
1. 化学研究的范围和分支(1) 2. 物質、实物、材料、物体(2)	
2. 化学反应及其特征	4
1. 化学反应的特征(4) 2. 質量和能量联系定律(4)	
3. 化学在自然科学中的地位	6
1. 物質的运动形态和各門科学(6) 2. 化学在建立唯物主义世界观中的作用(6) 3. 科学的認識过程(8)	
4. 化学發展的主要阶段	9
1. 实用及自然哲学时期(10) 2. 煉丹时期; 我国的煉丹术(12) 3. 我国古代化学工艺的三大發明(15) 4. 制藥时期(18) 5. 燃素时期(20)	
6. 近代化学的萌芽(21)	
5. 中国化学现状	25
1. 化学在發展国民經济及国防中的作用(27) 2. 我国科学技术發展规划及其对化学提出的任务(29) 3. 我国無机化学的發展方向(30)	
5. 苏联先进的化学及其学派	32
題	34
一章 化学的基本定律与原子-分子学說(上) 元素化合的重量关系	
原子学說	35
1. 物質在化学变化前后重量的关系	35
2. 元素化合重量关系的測定	36
1. 測定元素化合的重量关系(36) 2. 測定化合物內組成元素的重量关系(38)	
1. 定比定律	39
1. 化合量定律	42
1. 倍比定律	45
1. 原子学說	45
1. 原子量	48
1. 从比热求固体元素的近似原子量(49) 2. 从当量求准确原子量(50)	
1. 化学符号、化学式和化学方程式	51
1. 化学符号和化学式(51) 2. 从实验数据求化学式(52) 3. 从化学式求百分組成(53) 4. 化学方程式(54)	
1. 化学內容的系統——本章总结	56
.....	57

第三章 化学的基本定律与原子-分子学说(下) 气体性质和分子运动

学说	59
3-1. 气体体积与压力的关系——波义耳定律	59
3-2. 气体体积与温度的关系——查理定律	60
3-3. 波义耳定律与查理定律的合并——气体方程式	62
3-4. 道尔顿分压定律	64
3-5. 气体扩散——格雷恩定律	65
3-6. 气体反应中的体积关系——盖吕萨的化合体积定律	66
3-7. 分子学说	68
1. 分子运动学说(68) 2. 分子运动学说和气体定律(70) 3. 亚佛加德罗原理(72)	
3-8. 亚佛加德罗原理和气体分子量	74
1. 克分子体积与分子量(75) 2. 从分子量求原子量——卡尼查罗法(79)	
3-9. 克分子气体方程式	80
3-10. 气体定律的偏差和修正	82
3-11. 原子-分子的真实性质	84
1. 布朗运动(85) 2. 亚佛加德罗数(85) 3. 绝对分子量(87) 4. 分子速度(87) 5. 分子的表现大小(89)	
3-12. 原子-分子学说的重要性——本章总结	90
习题	91

第四章 空气、氧与惰性气体

4-1. 空气	93
1. 空气的组成(93) 2. 空气的物理性质和用途(94)	
4-2. 氧	97
1. 氧的制备(97) 2. 氧的性质(99) 3. 氧化物(101) 4. 臭氧(103)	
4-3. 惰性气体	105
1. 惰性气体发现史(105) 2. 惰性气体的性质和用途(107) 3. 惰气的分离(109) 4. 惰气化合物(109)	
习题	110

第五章 氢与水

5-1. 氢	111
1. 氢的制备(111) 2. 氢的物理性质(113) 3. 氢的化学性质和用途(115)	
4. 氢化物(117)	
5-2. 水	118
1. 水在自然界中的作用(118) 2. 水的净化(119) 3. 水的物理性质(120)	
4. 水的化学性质(125)	
5-3. 过氧化氢	128

上册目录

1. 过氧化氢的制备(128)	2. 过氧化氢的性质和用途(128)	3. 过氧化物(131)
习题		131
第六章 溶液		133
6-1. 溶液和溶解过程		133
6-2. 溶液的浓度		135
1. 重量百分浓度(136)	2. 克分子百分浓度(137)	3. 重量克分子浓度(137)
4. 克分子浓度(138)	5. 当量浓度(140)	
6-3. 溶解度		142
6-4. 溶解度和温度的关系		145
6-5. 过饱和溶液		147
6-6. 重结晶和分步结晶		148
6-7. 气体的溶解度		149
6-8. 分配定律		151
溶液的通性		153
9. 蒸汽压的降低 拉乌尔定律		153
10. 沸点升高		155
11. 凝固点降低		159
12. 渗透压		162
胶体溶液		167
6-13. 分散体系		167
6-14. 胶体溶液的性质		168
习题		171
第七章 化学反应速度与化学平衡		173
7-1. 反应速度		173
7-2. 活化能		174
7-3. 质量作用定律		178
7-4. 催化作用		183
7-5. 可逆反应与化学平衡		187
7-6. 浓度和压力对平衡的影响		192
7-7. 温度对平衡的影响		195
7-8. 催化剂与化学平衡		197
7-9. 勒夏忒列原理		197
7-10. 盖斯热化学定律		198
习题		199

第八章 电解质与离子平衡	200
8-1. 电解质的稀溶液	200
8-2. 电离学说	202
8-3. 强电解质与弱电解质	208
8-4. 电离学说与化学反应	209
1. 中和热(209) 2. 离子的特性(210) 3. 溶液的颜色(211) 4. 复分解反应(211)	
8-5. 电离的过程	212
8-6. 酸、碱、盐	216
8-7. 酸碱的质子理论	221
8-8. 电离平衡	226
8-9. 活度的概念和强电解质理论	228
8-10. 水的离子积常数	230
8-11. 弱电解质的电离常数	233
8-12. 同离子效应	240
8-13. 离子反应	245
1. 质子传递反应(245) 2. 沉淀反应(246) 3. 氧化还原反应(247)	
4. 生成络离子的反应(247)	
8-14. 酸碱的中和	247
8-15. 水解平衡	247
8-16. 溶度积与沉淀理论	247
习题	248
第九章 元素周期系	26
9-1. 周期律的发现史	26
9-2. 门捷列夫周期表	268
1. 门捷列夫预言新元素及其证实(270) 2. 原子量的校正(271) 3. 周期律的发展(272) 4. 恩格斯和斯大林对周期律的评价(272)	
9-3. 周期表的现代形式	274
1. 周期表中的周期、族、排(274) 2. 维尔纳式长周期表(276) 3. 周期表中氢和氦元素的位置(277)	
9-4. 周期系中元素物理性质的变迁 原子体积	277
9-5. 周期系中元素化学性质的变迁	278
1. 元素的最高正价和负价(278) 2. 化学活性的周期性(279) 3. 金属和非金属(280)	
9-6. 周期律在近代化学和物理学中的作用	283
习题	285
第十章 原子结构	285
10-1. 原子结构的复杂性	285

1. 电子的发现(286) 2. 放射性的发现(289)	
10-2. 原子模型	291
10-3. 核电荷 摩斯莱定律	294
10-4. 氢光谱 波尔理论	298
10-5. 原子核外电子的分布 波动力学概念	305
10-6. 原子核外电子的排列	310
10-7. 原子核结构	319
习题	320
第十一章 分子结构	321
11-1. 化合价与化学键	321
11-2. 原子价的电子理论	323
11-3. 电价	328
11-4. 离子化合物	331
11-5. 共价	333
11-6. 配位键	337
11-7. 永久偶极 水分子的结构	339
11-8. 诱导偶极	343
11-9. 离子的极化	345
11-10. 晶体结构	349
11-11. 晶体的主要类型	356
习题	358
第十二章 氧化与还原	358
12-1. 氧化还原反应	358
12-2. 氧化还原方程式的配平	362
12-3. 取代反应	368
电化学	371
12-4. 法拉第定律	371
12-5. 原电池	375
12-6. 电极反应	380
12-7. 电极的电位	383
12-8. 电解与电镀	391
习题	394
第十三章 卤素 氟、氯、溴、碘、砷	394
13-1. 卤素的通性	395
13-2. 卤素的制备和用途	397
1. 氟(398) 2. 氯(398) 3. 溴(399) 4. 碘(399)	

13-3. 卤素的性质	400
1. 物理性质(400) 2. 化学性质(401)	
13-4. 卤化氢	405
1. 制备(405) 2. 性质(406)	
13-5. 卤化物	409
1. 一般性质(409) 2. 氟化物(411) 3. 氯化物(412) 4. 溴化物(413)	
5. 碘化物(413)	
13-6. 多卤化物	414
13-7. 卤素互化物	418
1. XX' 型化合物(415) 2. XX'_2 型化合物(419) 3. XX'_3 型化合物(420)	
4. XX'_4 型化合物(420)	
13-8. 卤素氧化物	420
1. 氟化氧(420) 2. 氯的氧化物(421) 3. 溴的氧化物(423) 4. 碘的氧	
化物(424)	
13-9. 含氧酸及其盐	425
1. 次卤酸 HOX 及其盐(427) 2. 亚卤酸 $HOXO$ 及其盐(430) 3. 卤酸	
HXO_3 及其盐(431) 4. 高卤酸 HXO_4 或 H_5XO_6 及其盐(434)	
13-10. 拟卤素	436
1. 总论(436) 2. 氰和氰化物(438) 3. 氧氰和氰酸盐(440) 4. 硫氰和	
硫氰酸盐(440)	
13-11. 砷	442
习题	442
第十四章 硫族元素 氧、硫、硒、碲、钋	445
14-1. 通性	445
硫	449
14-2. 硫的存在和制备	449
14-3. 硫的性质	450
1. 固态硫(450) 2. 液体硫(451) 3. 气体硫(453)	
硫的化合物	453
14-4. 硫化氢和硫化物	453
1. 硫化氢(453) 2. 硫化物(455) 3. 多硫化物(456)	
14-5. 硫的卤化物	458
1. 卤化硫(458) 2. 氧卤化硫(460) 3. 含卤氧酸(463)	
14-6. 硫的氧化物	464
1. 一氧化硫(464) 2. 三氧化二硫(464) 3. 二氧化硫(465) 4. 三氧化	
硫(466) 5. 七氧化二硫(468) 6. 四氧化硫(468)	
14-7. 硫的含氧酸及其含氧酸盐	468

1. 次硫酸 H_2SO_3 (470)	2. 連二亞硫酸 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$ (470)	3. 亞硫酸 H_2SO_3 (470)
4. 焦亞硫酸 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (471)	5. 硫酸 H_2SO_4 (472)	6. 焦硫酸 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (476)
7. 硫代硫酸 $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (477)	8. 連硫酸 $\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (478)	9. 过硫酸(479)
硒和碲481		
14-8. 硒和碲的存在、制备和性質481		
1. 存在和制备(481) 2. 性質(481)		
14-9. 硒和碲的化合物483		
1. 氫化物(483) 2. 氧化物和含氧酸(483) 3. 鹵化物(487)		
鉛488		
14-10. 鉛及其化学性質488		
習題488		
附录491		
国际原子量表491		
四位对数表491		
門捷列夫元素周期系——維爾納式長表(插表)		

第一章 緒論

1-1 化学是研究物質及其变化的科学

1. 化学研究的範圍和分支

化学的研究对象,包括物質的产源、提取、人工制备,以及物質的組成、結構、性質、变化和相关的現象、規律和原因。

自然界中一切物質,都可以用化学方法来分解成为一定数目的最簡單的基础物質,叫作“化学元素”,通称元素。一个元素的特征,是它的原子都有同一数目的核电荷(10-3 节)。除在自然界中找到的各种元素外,近二十年中还利用原子核反应,人工制备了一些元素。直到現在,我們知道有 102 种元素,它們構成了一个自然体系——元素周期系。

在这些元素中,碳占有独特的地位。它能生成很复杂的化合物,構成了生物有机体的重要組份。这些复杂的碳化合物——烴及烴的衍生物,叫作有机化合物,为数特別多,已知的將近百万种,大約十倍于其他化合物。除有机化合物以外的一切物質,就是所有的元素以及它們除烴及烴衍生物以外的所有化合物,包括碳的氧化物,碳酸鹽等等,这些称为無机物。这样,我們就有了化学的分支,即有机化学和無机化学。由于科学內容的不断發展,为了便于學習和研究,一門科学划分为多种学科是有必要的。

因此,無机化学的研究範圍是所有的元素。它研究各种元素及其化合物的提取和利用以及它們的特点,包括产源、制备、性質、和行为,比較各种物質的行为以發現規律并加以闡明。这种闡明

就需要近代的物質結構概念。因此，無機化學是以周期律和物質結構為理論基礎的。它是研究一切元素的性質和利用的學科。無機物是經濟建設所需日益增長的種種原材料，因此無機化學在發展國民經濟中占着重要的地位。

為着認識自然界中的物質，需要把它們分解成為簡單的組分而加以研究，這樣就開始有分析化學。它是建立在物質的性質、反應以及操作方法上的。定性分析的目的是鑒定樣品中有哪些成分，而定量分析要進一步測定某一成分的百分組成。相反的，從簡單物質轉變為複雜物質，叫做合成。“合成”有時也要從複雜物質製備簡單物質，包括元素，因而統稱為製備化學。製備化學涉及各種製備方法和儀器裝置。要進行分析操作，往往需要分離出純淨物質，而制得的純淨物質一般也需要鑒定雜質含量；所以分析化學和製備化學是有密切聯系的。

以製備化學為基礎的大規模工業製造，要考慮到大量原料的處理、材料的傳送、熱量的傳導和各種機器設備等，因而就有化學工藝。在國民經濟中很大一部份材料是通過化學工業而生產的。某些包括重要化學過程的工業，主要由於在規模上構成了很大的工業單位，例如鋼鐵和其他金屬的生產，已劃出為冶金工業部門。

物理方法和數學處理應用到化學中來，建立了物理化學這一分支。它主要用物理學測量的方式來研究物質及其反應，找尋普遍的規律性，並從若干基本原理如熱力學定律等以推導物質的化學行為。由於物理方法越來越廣泛地應用到化學的各個部門，物理化學和其他各分支間的相互滲透也愈益深入。特別是現代無機化學，愈益需要應用物理化學的觀點來加以研究。

2. 物質、實物、材料、物體

列寧教導說，“物質 (материя, matter) 是作用於我們的感官而

引起感觉的东西；物質是我們感覺到的客觀实在”^①。物質是不依賴于人类意識而為意識所反映的客觀现实。因此，物質包括实物 (вещество, substance) 和場 (поле, field)。实物，例如鐵，都有靜止質量，并且可能有运动質量；場，例如光，只有运动質量，而不一定有靜止質量。

化学研究的物質是实物。因此，本書說“物質”时，一般指“实物”。实物是指化学个体，如鋁、硫、水、食鹽、葡萄糖等純淨的化学物質。作为化学个体，氧和磷是兩種实物。可是氧和臭氧虽屬同一元素，却是兩種实物。同样，白磷和紫磷也是一个元素的兩種实物。同一化合物也可能有不同的实物，例如方解石和霰石是碳酸鈣的二种实物。一种实物有其特征的物理和化学性質。

單質和复質分別是元素的和化合物的实物。白磷和紫磷是磷元素的兩種單質；方解石和霰石是碳酸鈣化合物的兩種复質。元素有着广泛的涵义。譬如說，氯元素包括氯气分子、高溫时存在的氯原子、氯化鈉晶体中的負一价氯离子、氯化氫中的負一价極性氯原子、氯酸鉀中的正五价極性氯原子等等。就后面三个化合物中的氯來說，氯就不再是單質，但仍然是氯元素。

化学所研究的物質还有物質資料或材料 (материал, material) 的意义。例如我們在說物質基础、物質生活时，即指这种涵义。材料可由一种或多种实物組成，例如青銅是銅和錫兩種实物的合金。实物一般都可以用作材料。除非像原子堆的某些有害的裂变产物，被埋在深处，弃去無用。那些实物，就不是材料了。

物体是一种或多种实物構成的整体，具有一定的大小和形狀。化学家不大注意到物体这一問題。在化学的觀點上，不論是鐵錘、鐵鎚、鐵釘、鐵刀，都屬於同一实物鐵（暫不論其中的少量雜質），都能和稀的强酸作用而产生氫。也不論玻璃杯还是玻璃瓶、玻璃管

① 列宁：“列宁全集”，第14卷，146頁，人民出版社。

是玻璃棒，都屬於同一實物（普通玻璃主要是六硅酸鈣二鈉），都和氫氟酸作用而產生四氟化硅。

1-2 化學反應及其特徵

1. 化學反應的特徵

化學變化，通常叫作化學反應，或簡稱反應，其特徵是物質的質變，就是從一種物質轉變為另一種或多種物質，或是二種或多種物質轉變為一種或其他多種物質。例如，氫和氧化合為水，水就是另一種物質了。鈉和水作用而成氫和氫氧化鈉，這兩個產物又是新的物質了。與此相反，在物理變化中，某一個或幾個物質在變化中仍然保存其本性。就是說，在物理變化中，物質的本性並不發生變化。例如，把水加熱蒸發成為水蒸氣，可是水作為物質並沒有變化。由此可見，化學變化比物理變化更為徹底。某一個體系在物理變化發生之後，如果恢復到原來的條件，就可以回到初始狀態。在上述例子中，如果把水蒸氣冷卻下來，又得液體水了。但是，一個體系在化學變化發生之後，即使恢復到原來的條件，也不能回到初始狀態。像水從氫和氧生成之後，就不再是氫和氧了。化學變化仍然是質的變化，結果產生了新的物質；新物質有其本身特定的物理和化學性質，不同於原來的物質，因此這種變化更容易辨認。

化學變化除質變為其最重要的特徵以外，在變化進行時還隨着有熱量（還可能有光和電）的變化。一般自發的化學變化進行時釋放熱量，也有吸收熱量的。氫和氧化合時就發生大量的熱。18克的水在生成時要釋放 68 千卡熱量。這個熱量，代表着與物質變化同時發生的能量變化。

2. 質量和能量聯系定律

化學反應前後的質量有無變動呢？反應物的總質量和產物的