



无机化学

刘少熾編著

高華齋出版社

本書系根据 1955 年教育部审定的师范学院化学系无机化学教学大纲编写的,但补充了一些新的材料和土法生产的内容。

本書适用于高等师范学校化学系和化学科无机化学的教学,并可作为其他院校对无机化学有较高要求的专业,例如科技大学和综合性大学无机化学之参考书,也可供中学化学教师参考之用。

无 机 化 学

刘少熾編著

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 054 号)

京華印書局印裝 新華書店發行

統一書号 13010·634 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 19 $\frac{1}{16}$ 插頁 1

字數 504,000 印數 0001—9,000 定價 (6) 冊 2.00

1959 年 8 月第 1 版 1959 年 8 月北京第 1 次印刷

序 言

在过去,人們認為无机化学是一种單純叙述的課程,教材的編写往往是把有关化学方面的材料用簡單的、孤立的、教条的方式叙述出来。这样,不可避免地給学生学習时带来了困难,使他們不得不在掌握化学知識时应用形式主义的記憶。

要糾正这种偏向只有認真地学習苏联,学習苏联教材的政治性、科学性、思想性以及教材的編排方式等,使这一門課程的教学能够符合我国社会主义建設时期的高度要求。

作者在編写本書时,努力以苏联化学出版社出版的格林卡(Н. Л. Глинка)著:“普通化学”和涅克拉索夫(Б. В. Некрасов)著:“普通化学教程”为遵循之本,企圖在学習苏联的基础上,并根据前高教部所頒布的高等师范无机化学教学大綱的基本精神,写出一本能够結合中国实际的无机化学教学用書。虽然本書是在学習苏联教材的基础上,根据前高教部所頒布的教学大綱的基本精神編写的,但是为了把整个教材編排成一个有联系的整体,并且能够体现正确的認識过程,以便有效地培养学生辯証唯物主义的世界观,因此作者在編写本書时沒有机械地遵照前高教部所頒布的教学大綱系統和叙述方式。

由于无机化学的教学目的是在門捷列夫化学元素周期律和近代物質結構的基础上,使学生获得有关化学元素及其化合物的全面知識。因此本書在討論叙述部分之前,先有系統地闡明一些化学的基本理論知識,給学生建立起一个广泛的理論基础。訓練他們能够用周期律、物質結構以及化学平衡方面的知識;使他們能够从理論的观点出發,去研究元素与其化合物的性質以及有关化学反应进行的一般規律和控制化学反应进行的基本方法;使他們能够更有效地掌握无机原料的提煉原

理以及元素及其化合物的实用意义，以适合于我国社会主义建设时期的高度要求。为了达到这一目的，教材中也补充了一些前高教部所颁布的教学大纲中所没有的新材料。并把这些材料用小体字印出，但使用本教材的教师可以根据学生的实际情况酌量使用或精简。为了貫徹教育与生产劳动相结合的方针，教材中也增添了一些有关土法生产的内容，以丰富学生勤工俭学方面的知识。

虽然作者在编写本书时，力图根据理论与实际一致的原则，把整个教材编排成一个有联系的整体，并且能够体现正确的认识过程，以便有效地培养学生辩证唯物主义的世界观。但是由于作者政治和业务水平的限制，要确切地达到这一目的，无疑地是一个非常困难的任务，不可避免地会发生一些缺点，甚至是错误。希望使用本书的读者和教师能够多提出建设性的意见，使本书再版时得以纠正和改善，则深为感激。

刘 少 熾

1959年7月于甘肃师范大学

主要参考書

1. Н. Л. Глинка 著，殷恭寬等譯，普通化学，1959年高等教育出版社出版。
2. Б. В. Некрасов 著，北大无机化学教研组等譯，普通化学教程，1959年高等教育出版社出版。
3. 高等工业学校普通化学教研组編，普通化学，1956年高等教育出版社出版。
4. Moeller: Inorganic Chemistry (1953).
5. Linus Pauling: College Chemistry (1950).

目 录

序言	iX
----------	----

第一章 緒論、原子-分子学說	1
----------------------	---

1-1. 化学的任务及其研究的对象	1
1-2. 化学研究的基本方法及其在建立辯証唯物主义世界观中的作用	8
1-3. 化学的創始及其初期的發展	12
1-4. 現代化学基础的奠定	22
1-5. 現代化学發展的概况	37
1-6. 分子量的測定法	40
1-7. 原子量的測定法	45
1-8. 化学式	49
1-9. 化学方程式	53

第二章 門捷列夫的化学元素周期律	55
------------------------	----

2-1. 化学元素的內在联系問題	55
2-2. 門捷列夫的化学元素周期律	60
2-3. 門捷列夫的化学元素周期系	67
2-4. 周期系內化学元素性質变化的規律	74
2-5. 門捷列夫化学元素周期律和周期系的意义	83

第三章 周期律的發展、莫斯萊定律	88
------------------------	----

3-1. 原子概念的發展	88
3-2. 放射現象与原子蜕变	93
3-3. 同位素	102
3-4. 盧瑟福的核式原子模型	106
3-5. 核电荷、莫斯萊定律	108
3-6. 周期律的發展	111
3-7. 質子的發現	112
3-8. 中子的發現、伊凡宁柯的原子核学說	113
3-9. 化学元素的現代概念	116

第四章 周期律的闡明、波尔学說	117
-----------------------	-----

4-1. 元素的性質与原子結構的关系	117
--------------------------	-----

01197

4-2. 元素的綫伏光譜	118
4-3. 輻射量子論的基本概念	120
4-4. 波尔学說、氫原子构造	122
4-5. 波尔学說的发展、周期律的闡明	125
4-6. 电子云的概念、新量子論的基础知識	134
4-7. 原子的电子結構与周期系的关系	142
第五章 分子結構、固态实物的构造	147
5-1. 科塞尔学說	148
5-2. 路易斯学說	151
5-3. 化学鍵的特性	159
5-4. 分子的極化和分子間的作用力	165
5-5. 絡合物	170
5-6. 晶态实物和无定形实物	178
5-7. 有关晶态实物的基本知識	181
5-8. 晶体的結構	185
5-9. 原子和离子半徑	188
第六章 空气、氧、氧化还原反应	189
6-1. 空气	189
6-2. 氧	192
6-3. 臭氧	195
6-4. 氧化还原反应	196
6-5. 氧化还原反应方程式的配平	201
6-6. 氧化物及其分类	203
6-7. 过氧化氫	207
6-8. 热化学	209
第七章 反应速度与化学平衡	214
7-1. 反应速度	214
7-2. 化学平衡	223
7-3. 平衡移动、呂·查德里原理	226
第八章 水、胶体、溶液	229
8-1. 水	229
8-2. 分散系	236
8-3. 溶胶的性質	238
8-4. 溶胶的制备	242

8-5. 透析	244
8-3. 高分子溶液	245
8-7. 溶液	243
8-8. 溶液的濃度	251
8-9. 溶液的蒸气压力	253
8-10. 溶液的冰点和沸点	256
8-11. 溶液的渗透压力	259
第九章 电离学說	264
9-1. 电解质溶液不服从拉烏尔——范特霍夫定律	264
9-2. 电离学說	266
9-3. 电解质溶液的化学性質	269
9-4. 电流在溶液中通过的机构	270
9-5. 电离度	272
9-6. 电离平衡与电离常数	276
9-7. 强电解质在溶液中的状态	280
9-8. 电解质在溶液中发生电离的机构	283
第十章 电解质溶液内的反应	286
10-1. 氢氧化物的性質与其結構間的关系	286
10-2. 水的电离	290
10-3. 离子的平衡移动, 共同离子效应	293
10-4. 緩冲溶液	295
10-5. 溶度积	297
10-6. 电解质溶液的双分解作用	299
10-7. 中和作用与水解作用	304
10-8. 金屬的置換作用	312
10-9. 原电池	315
10-10. 电解	318
第十一章 氫、惰气元素	324
11-1. 氫	324
11-2. 氫化物	331
11-3. 重氫及其化合物	334
11-4. 惰气元素	335
第十二章 卤素	336
12-1. 卤素的性質	3

12-2. 卤素的存在和制备	346
12-3. 卤素的氢化物	350
12-4. 卤素的含氧化合物	355
第十三章 氧族元素	363
13-1. 氧族元素的通性	363
13-2. 硫的同素体	364
13-3. 自然界的硫和硫的制取	368
13-4. 硫的氢化物	370
13-5. 亚硫酸酐与亚硫酸	372
13-6. 硫代硫酸和硫代硫酸盐	374
13-7. 硫酸酐与硫酸	375
13-8. 硝化法制硫酸	378
13-9. 接触法制硫酸	381
13-10. 硒与碲	385
第十四章 氮族元素	387
14-1. 氮族元素的通性	387
14-2. 氮、氮的固定	388
14-3. 氮及铵盐	395
14-4. 氮的氧化物	399
14-5. 硝酸及其盐类	402
14-6. 亚硝酸及其盐类	406
14-7. 磷的同素异性体	407
14-8. 磷的卤化物	411
14-9. 磷的氢化物	412
14-10. 磷的含氧化合物	413
14-11. 磷肥	418
14-12. 砷分族元素	419
第十五章 碳族元素	428
15-1. 碳族元素的通性	428
15-2. 碳	430
15-3. 碳化物	436
15-4. 一氧化碳	439
15-5. 二氧化碳及其衍生物	442
15-6. 碳的其他重要无机化合物	445

2610/23

15-7. 硅	447
15-8. 硅的氧化物	443
15-9. 硅酐及其盐类	449
15-10. 硅的卤化物	453
15-11. 硅酸及其盐类	454
第十六章 金属的通性	458
16-1. 金属的物理性质	459
16-2. 金属的化学性质	463
16-3. 金属的冶炼	469
16-4. 合金	474
第十七章 锗分族元素	482
17-1. 锗分族元素的通性	482
17-2. 锗分族元素的氧化物及氢氧化物	488
17-3. 锗分族元素的其他重要化合物	491
第十八章 铝及其同族元素	496
18-1. 铝及其同族元素的通性	496
18-2. 硼及其化合物	497
18-3. 铝及其冶炼	501
18-4. 铝的化合物	507
18-5. 镓分族元素	509
第十九章 铷土金属	511
19-1. 铷土金属的通性	511
19-2. 铍及其化合物	512
19-3. 镁及其化合物	513
19-4. 钙分族元素	515
19-5. 钙分族元素的氧化物和氢氧化物	517
19-6. 钙分族元素的盐类	520
第二十章 铷金属元素	529
20-1. 铷金属元素的通性	529
20-2. 铷金属的氧化物和氢氧化物	533
20-3. 铷金属的盐类	537
第二十一章 副族元素	544
21-1. 副族元素的通性	545

21-2. 銅副族元素	548
21-3. 鋅副族元素	558
21-4. 鈷副族元素	564
21-5. 鈦副族元素	565
21-6. 鈮副族元素	566
21-7. 鎢副族元素	567
21-8. 錳副族元素	571
21-9. 鐵組元素	575
21-10. 鉑組元素	590
第二十二章 次副族元素、原子核化学	594
22-1. 次副族元素的通性	594
22-2. 鐳系元素	595
22-3. 錒系元素	597
22-4. 示踪原子的应用	602
22-5. 原子能的利用	603
22-6. 鈾的冶煉	608
附录一 复習題	610
附录二 元素表	616
附录三 中外人名对照表	619

第一章 緒論. 原子-分子學說

1-1. 化學的任務及其研究的對象

我們生活在一個永遠在運動着、不斷變化着的世界裡，隨時隨地都可以觀察到自然界進行着各式各樣的變化，出現着無窮無盡的自然現象。

物質是一切變化的主體，是引起自然界無窮無盡現象的基礎和源泉。世界上形形色色的現象是運動着的物質的各種形態的表現。整個自然界，除了運動着的物質和物質的運動以外就什麼也沒有了。

物質是存在於我們意識以外的客觀現實，它並不依賴於我們的意識而獨立存在着。物質是我們意識、觀念和感覺的來源，而意識却是物質的反映，是存在的反映。列寧曾給物質下了一個最完善的定義，他說：“物質就是作用於我們感官而引起感覺的東西；物質就是我們可以感覺到的客觀現實”^①。

物質能夠以兩種不同的形式存在着，即實物和場。所謂實物指的是具有固定質量的質點組成的物質形式。我們所熟悉的電子、正子、中子、質子、原子、原子核、分子以及各種更複雜的聚集狀態的可見物體，例如：氣體、液體和晶體等，它們都是實物。

所謂場是一種特殊的物質結構，是運動着的物質的一定形態。例如：電磁場和引力場等。

由於實物只是物質的一種形式，因此我們決不能用“實物”的概念來代替“物質”的概念。

光子是場的一種特殊變體，我們把它叫做場粒子。電子、正子、中

① 斯大林著：辯證唯物主義與歷史唯物主義。1949年，莫斯科版，14頁。

子、質子和光子等被稱為物質的元粒子。

所謂元粒子並不是物質可分性的極限，只是代表了在科學發展的現有水平下所能達到的物質可分性的極限。毫無疑問，隨著科學的繼續發展就會越來越多的揭露出物質的各種特性，愈來愈完全的反映出無窮無盡的物質本身和物質轉變的深刻性。在十九世紀末年，人們還認為原子是實物可分性的極限，今天我們的知識卻已經深入到原子核的內部，打破了原子不可分性的觀念，辨明了原子是由質子、中子和電子等更簡單的實物粒子構成的複雜體，而原子本身又可以形成更複雜的實物形態——分子和各種物體。

場和實物是兩種不可分割的聯繫在一起的物質形態。雖然它們之間各有其特有的特性，但它們也都具有一切物質所共同具有的兩種最基本的特性——質量和能量^①。物質的形態也是可以互相轉變的。例如一對正子和電子能夠轉變成具有巨大能量的光子；同時光子也可以轉變成正子和電子。在放射性元素的原子核內質子和中子不停的轉化着，在原子核的轉化過程中產生了電子、正子和光子。不僅放射性元素的原子在不停的破壞和互相轉化着，即使任何一種元素的原子在一定的條件下都會轉化成另一種元素的原子。雖然物質能夠發生各種轉化，但它不會消滅，也不會從無中創造出來，而是守恒的。

不僅實物粒子，即使自然界任何物體，由微小的塵埃到巨大的太陽，由最早的原生動物到現在的人類，都在不停的運動與變化着，都處在永恒的產生和消滅的過程中。某些表面上看來似乎是靜止不動或不發生變化的對象，實際上都在不停的運動與變化着。

這就是說，每一種實物粒子和物體都包含着無窮無盡的運動源泉。物質本身是在不斷的運動和發展着，運動是物質存在的條件，它存在於物質內在之中。恩格斯曾說過：“運動是物質存在的形式。無論在什麼

① 光子和物質的其他元粒子不同，它的靜質量等於零。

地方,在什么时候,决没有,而且不能有沒有运动的物質。……沒有运动的物質是和沒有物質的运动同样不可思議的。”^①

因为运动是物質存在的条件,因此当我们研究物質时也只能在物質永恒地、不断地运动中来研究。在研究物質客体的运动中我们就研究了物質的本身,因为物質是不能和运动分裂开的。

物質运动的形式是多种多样的,其中最主要的运动形式是:机械运动、物理的运动、化学的运动、生命过程和社会现象等。物質运动的物理形式就是通常所说的物理变化;物質运动的化学形式就是通常所说的化学变化。在前一种情况下,实物经过变化后并不生成新的实物,但在后一种情况下却有新的实物生成。

对上述每种主要的运动形式来说,也显露出巨大的多样性。例如物質的物理运动形式包括电磁过程、原子和分子本身的运动以及原子和分子内部的电子和原子核的运动等等。物質的化学运动形式包括化合、分解、置换和复分解等等。

虽然物質运动的形式是各式各样的,并且随着科学的继续发展又会愈来愈多的发现物質运动的各种新的形式,但是物質的各种运动形式并不是互相孤立的,而是互相密切地联系着,并且它们相互間是可以互相转变的。例如:机械的运动可以转变成热运动和电运动;热运动和电运动也可以转变成机械运动等等。

物質运动形式的转变过程是非常复杂的,但是物質的运动和物質本身一样是不会消灭或从无中创造出来的。早在 1748 年偉大的俄国学者罗蒙諾索夫就提出了运动守恒的思想。

现在运动守恒定律被能量守恒和轉化定律加以具体化和进一步發展了。能量守恒定律指出:能量不能被消灭,也不能被創造出来,它只是可以由一种形态轉变成另一种形态。

^① 恩格斯著:反杜林論。1957 年人民出版社出版 60 頁。

現代科學上所以用能量守恒和轉化定律來體現物質運動的不滅性和表示物質運動可以由一種形式轉變成另一種形式，是因為能量是任何一種物質客體所具有的一種基本特性，它可以作為物質運動的度量。

表現運動的不滅性和運動形式相互轉化的能量守恒和轉化定律是現代科學上最偉大的成就之一。恩格斯把這一定律稱為絕對的自然定律。

現代物理學發現的質量和能量相互聯系的定律，進一步豐富了能量守恒和能量相互轉化的定律。質量和能量相互聯系的定律指出：質量和能量是物質所具有的兩種密切聯系着的特性。任何一個具有某種能量的物質客體必然會具有相應的一種能量，如果把質量和能量相互聯系的定律用數學方式表示出來，則可寫成下式：

$$E = mc^2$$

式中 E 是能量（單位是爾格）， m 是質量（單位是克）， c 是光速其值等於 3×10^{10} 厘米/秒。

應當指出，不能把質量和能量相互聯系的定律認為是質量轉化成能量，甚至實物或物質轉化為能量的證明。這一定律僅體現了物質的質量和運動之間的深刻的依賴性，物質的質量是隨着運動的速度而改變。物質運動的速度愈高，它的質量也就愈大，但在物質中任何一種能量的變化要與相應的質量的變化相適應。

雖然各種自然科學都是以運動着的物質為研究的對象，例如物理學研究物質的物理運動形式，化學研究物質的化學運動形式，生物學研究有機生命的特徵等。但是各種自然科學所研究的物質的各種運動形式並不是互相孤立的存在着，而是相互聯系，相互制約和相互轉化着。所以各種自然科學也不是彼此孤立，而是相互聯系的。因此，化學和其他自然科學間的界限不能劃分得很清楚，在化學和其他自然科學之間存在着一些過渡的或中間的科學。例如物理學和化學之間存在着兩門特殊的科學：一門是物理化學；另一門是化學物理學。雖然物理化學和

化学物理学，他們都研究运动的化学形态和物理形态之間的过渡，但物理化学是以物理的方法来研究化学中的問題，而化学物理学却是以化学的方法来研究物理学中的問題。这就是說：物理化学和化学物理学反映物質运动的化学形态和物理形态相互轉化的两个方面。

化学与生物学之間存在着生物化学；化学与地質学之間存在着地質化学；化学与生物学和地質学之間存在着生物地質化学。

因为物質运动的化学形式和物理形式是物質各种比較复杂的运动形式所賴以成長的基础，因此研究物質运动的化学形态和物理形态的化学和物理学逐逐成为一切自然科学的基础。

化学与地質学、生物学、藥生物学和医学都密切的联系着，沒有化学，这些科学的发展是不可能的。

地壳上的岩石和矿質，經過化学家鉴定后，地質学才有所进步；当化学家洞悉了动植物植物生長过程中所經歷的种种物質变化以后，生物学始成为一門为人类利益服务的科学，而不再流为动植物名称的目录；人类健康及疾病时体内各部組織中的物質变化情况被化学家了解以后，医学及藥生物学才脱离用骨粉治骨痛症的时代而成为科学。

化学是研究物質运动的化学形态的科学。更具体一点，我們可以說：化学是研究实物变化的科学。化学不仅研究实物的組成、結構和性質，以及实物的性質与其組成和結構間的关系，并且研究实物間相互联系的規律性以及由一些实物变成另一些实物的条件和方法。

正因为化学是研究实物相互轉化的科学，因此它在人类的生产事业中占有極重要的地位。由于化学的帮助，各种生产事业都得到了巨大的发展。基于化学的成就，出現了許多新的生产部門，創造了无数新的物質生活資料，从而使人类的生活条件也得到了改善。K. 馬克思在巨大的化学工业还只刚刚开始發展的时候就說过：“在化学領域內的每一个胜利不仅使我們增加了有用实物的数量，并扩大了各种已知物品的用途……。化学的进步又教会我們將生产过程中的廢料和消費品用

于循环的再生产过程中……。”^①

赫魯曉夫同志曾說：“化学工业可以生产制造人民消費品的物美价廉的原料，可以制造出在特性上超过天然材料的新質量的材料，而且花費的劳动也少得多”。他还說：“化学工业得到發展，就有可能最有效地利用国家的自然資源，这是国民經济一切部門的技术能得到进一步發展的必要条件”。^②

化学工业包括範圍很广，化学工业产品大約有三十多万种，其中对人类直接有用的有几千种，这几千种对人类直接有用的工业产品又都是由一些最基本的化学工业产品。例如：硫酸、硝酸、燒碱和氨等制造出来的。制造这些最基本的、用途最广而产量最大的化学工业产品的工业，叫做基本化学工业。基本化学工业是生产生产資料的工业，因为基本化学工业的产品大多不直接用来滿足人民的生活需要，而是用来生产对人类直接有用的化学工业产品。

基本化学工业是重工业中一个不可缺少的部門。它对国防的現代化、重工业和輕工业的發展、以及农业社会主义改造都有密切的关系。随着国民經济有计划按比率的發展，基本化学工业的重要性将日益显著，它是国民經济各部門中增長最快的一个部門。譬如在苏联 1959—1965 年苏联發展国民經济的控制数字中指出在 7 年中化学工业产品的总产量約增加 2 倍，而机器制造业和金屬加工工业的产量約增加 1 倍。

旧中国是一个落后的农业国，解放前在帝国主义和官僚資产階級統治下，我国的工业，尤其是重工业得不到發展。基本化学工业的基础也非常薄弱，虽然在沿海都市也有一部分化学工业，但是这些化学工业都是半殖民地性質的，原料完全依賴于帝国主义国家的輸入。

① K. 馬克思：資本論，1951（俄文版）第一卷，第 610—611 頁。

② “关于 1959—1965 年苏联發展国民經济的控制数字”（1959 年 1 月 27 日在苏联共产党第二十次代表大会上的报告）。

解放后,在中国共产党和人民政府的领导下,由于工人阶级发挥了高度的积极性和创造性,在短短几年中,受到战争破坏的一些基本化学工业不但很快的恢复了,而且得到了很大的发展,产量大大的超过了战前的水平。全国化学工业的总产值 1957 年比 1952 年增长 379%。过去许多依赖外国输入的化工产品现在不但能够制造,而且在满足本国需要之外还可以输出。例如氯化苯是制造硫化青染料用的主要原料之一,过去完全依靠外国输入,如果外国不输入氯化苯,硫化青厂就要停工,现在我们已经大量生产了。目前许多化工产品我们不仅不依赖外国输入,并且可以输出了。例如,解放前资本主义学者说我国是一个缺乏硫黄的国家,现在我国甘肃等地的硫黄已经大量出口了。

在 1958 年整风和反右的基础上,在党的鼓足干劲、力争上游,多、快、好、省地建设社会主义总路线的光辉照耀下,我国各个战线上出现了史无前例的大跃进的新形势。我国化学工业也得到了飞跃地发展,各种主要化工产品的产量比 1957 年有很大的增长。其中抗菌素增长 334%,硝酸铵增长 157%,合成氨增长 59%,电石增长 44.6%,烧碱增长了 31%,纯碱增长 29%。并且,有许多化工产品的质量达到甚至超过国际水平。这种现象充分说明了我国化学工业已经进入了一个新的阶段。

虽然解放以来,在党的正确领导下,我国的化学工业得到了迅速地发展,并且建立了若干化工原料基地,但是由于化学工业为重工业服务的面非常广泛,和日用消费品的关系非常密切,因此随着我国国民经济各部门,尤其是钢铁工业的迅速发展,给化学工业提出了很高的要求。目前我国化学工业产品还远远不能满足客观的需要。为了克服化学工业生产力和需要之间的矛盾,力争满足国民经济各部门对化工产品的需要,党提出了以钢为纲加速发展化学工业以适应国民经济各部门和我国日益发展的尖端科学对化工产品需要的方针。指出了“小土群”和“大洋群”同时并举“土洋结合”,要两条腿走路以加速发展我国化