

高等学校教学用书

WU
JI
HUA
XUE

无机化学

上册

(修订本)

甘 兰 若 编
江苏科学技术出版社

无机化学

上册

(修订本)

甘兰若 编

江苏科学技术出版社

1984·南京

无机化学 上册

(修订本)

出版: 江苏科学技术出版社

发行: 江苏省新华书店

印刷: 镇江前进印刷厂

开本 787×1092毫米 1/32 印张 13 插页 1 字数 284,000

1980年6月第1版 1985年8月第2版第2次印刷

印数 8,501—16,120

书号 13196·032 定价 2.55元

责任编辑 赵所生

再 版 前 言

本书第一版从1980年问世以来，陆续被许多高等院校化学专业采用作为教材或参考书。教育部于1981年将它正式列为高等学校教学用书。在使用过程中，化学界一些同行，如北京大学严宣申、杨骏英，上海交通大学阎存仙，江西大学颜自喜等同志，从内容、表达方式和印刷质量等诸方面，对本书提出很多宝贵的意见，并希望再版时精益求精，在水平上更提高一步。现借此机会向他们表示谢意。

从当前我国高等教育实际情况来看，本书作为基础无机化学教材仍然是合适的。因此，这次修订，仍保持本书初版原有的特色，继续贯彻少而精的原则。在此基础上，适当增加了一些内容，对原子分子结构、化学热力学、化学动力学等方面的内容作了适当的扩展。为了避免与后行课程（物理化学、物质结构等）的内容相重复，作者对波函数等内容仅作定性的阐释，着重说明物理意义，而不作冗长的数学推导。作者还企图在宏观与微观的结合、热力学与动力学的结合、理论与化学事实的结合等方面作一些尝试，这在某些章节中也有所反映。

考虑到部分读者的自学要求，修订本上册各章增设了“术语”这一内容，以利读者较好地掌握本门课程的基础理论和基本概念。为了便于学生对自己所做的作业进行自我检

查，上册最后还附有习题答案。但是许多习题仅给出了部分答案，以免读者产生依赖思想。这些答案是由我校吴琴媛、闵铁军两位同志提供的，在此表示感谢。

尽管作了修订，错误、缺点及不当之处恐还难免，希望读者继续批评指正。

编 者

1983年9月于南京大学化学系

初 版 前 言

无机化学的教学目的，是在门捷列夫周期律和近代物质结构概念的基础上，使学生获得有关化学元素及其重要化合物的性质和相互关系的全面认识。无机化学的教学任务是为学生建立必要的理论基础，并训练他们应用周期律、原子分子结构的知识、化学热力学、平衡理论等，去研究元素及其化合物的性质和化学反应的条件。

为了适应我国科学技术的发展形势，本书增设了分子轨道理论、配体场论、软硬酸碱等新内容，并初步介绍化学热力学和化学动力学的一些基本概念，这样既有利于无机化学这门课程的提高，也有利于后行课程的教学。根据无机化学课程的教学要求以及学生的实际水平，对于上述内容，本书仅阐明基本概念的物理意义，而不作数学推导。

无机化学的教学必然包括元素的系统阐述，因此本书下册仍按元素周期系分族讨论，但力求突出重点，避免繁琐冗长。

本书在内容编排上，注意理论联系实际，培养学生分析问题和解决问题的能力。在文字表达上，则力求深入浅出，通俗易懂。每章开始列出本章目的要求，结尾附有小结，这样可便于学生预习和复习。书末列有参考资料，以满足教师和学生进一步学习的需要。

本书是在戴安邦教授指导下，结合多年的教学经验编写而成的。其初稿曾被江苏、上海、安徽、江西、四川、黑龙江、广西等省市的一些综合性大学及师范院校化学系作为教材，同时上海电视大学也以此作为课本。在试用过程中，各兄弟院校提出许多宝贵的修改意见。我系傅献彩教授、游效曾、段康宁等同志和内蒙古大学化学系戴寰同志审阅了其中部分章节。本教研组黄孟健、吴琴媛、朱惠珍、徐培珍等同志也参加了本书的部分工作。现借此机会，一并致谢。

限于水平和时间，书中一定还有很多的缺点，甚至错误。因此，欢迎读者随时指正。尤其是希望担任无机化学课程的教师们，多提批评意见。我们竭诚希望获得协助，以便再版时进一步提高质量。

编 者

1979年5月

目 录

再版前言

初版前言

第一章 绪论

- 1-1 化学研究的对象及方法 1
- 1-2 化学在发展国民经济及国防中的作用 2
- 1-3 国际单位制 (SI制) 和摩尔单位 3

第二章 气体

- 2-1 气体的状态方程式 6
- 2-2 道尔顿气体分压定律 10
- 2-3 气体分子运动论 13
- 2-4 分子运动的速度 17
- 2-5 气体定律的偏差和修正 19
- 习题 21

第三章 原子结构

- 3-1 原子的组成 23
- 3-2 氢原子光谱和玻尔理论 33
- 3-3 电子的两重性 41
- 3-4 波函数和电子云的概念 44
- 3-5 四个量子数 51
- 3-6 屏蔽效应 55
- 3-7 电子层、能级、轨道 57

3-8	原子核外电子的排布	60
3-9	原子结构和元素周期系	68
	习题	71

第四章 化学键

4-1	电离能和电子亲合能	73
4-2	离子键	79
4-3	共价键(一)——价键理论	83
4-4	杂化轨道理论	88
4-5	共价键(二)——分子轨道理论	91
4-6	配位键	100
4-7	价层电子对互斥理论	101
4-8	键参数	105
4-9	电负性	108
4-10	分子的极性	113
4-11	离子的极化	116
	习题	121

第五章 晶体结构

5-1	晶体	124
5-2	晶格	127
5-3	金属键和金属晶体	129
5-4	离子晶体	138
5-5	分子间的力和分子型晶体	144
5-6	原子型晶体	150
5-7	氢键	151
5-8	混合键型晶体	154

第六章 溶液

6-1	溶液、悬浊液、乳浊液	158
6-2	固体在液体中的溶解度	161
6-3	溶解时的热效应	163

6-4	溶解度和温度的关系	164
6-5	重结晶	165
6-6	气体的溶解度	167
6-7	溶剂萃取	168
6-8	溶液的浓度	170
6-9	稀溶液的通性	177
6-10	溶液的渗透压	184
	习题	187
第七章 化学热力学基础		
7-1	基本概念	191
7-2	内能、热力学第一定律	193
7-3	热效应、焓	196
7-4	几种热效应	200
7-5	自发变化	207
7-6	熵	208
7-7	自由能	217
	习题	223
第八章 化学动力学		
8-1	化学反应速度	227
8-2	反应速度和浓度的关系	229
8-3	反应机理	232
8-4	碰撞理论	237
8-5	活化能	239
8-6	过渡状态理论	242
8-7	反应速度和温度的关系	244
8-8	催化剂	249
8-9	均相催化和多相催化	250
	习题	254
第九章 化学平衡		
9-1	可逆反应	258

9-2	平衡常数	260
9-3	有关平衡常数的计算	264
9-4	自由能和化学平衡	266
9-5	浓度对化学平衡的影响	270
9-6	压力对化学平衡的影响	271
9-7	温度对化学平衡的影响	273
	习题	275

第十章 弱电解质的电离平衡

10-1	强电解质和弱电解质	282
10-2	弱电解质的电离平衡	284
10-3	同离子效应	290
10-4	多元弱酸的电离平衡	291
10-5	水的离子积常数	294
10-6	酸碱的质子理论	297
10-7	缓冲溶液	300
10-8	水解平衡	307
	习题	317

第十一章 沉淀理论

11-1	强电解质在溶液中的行为	321
11-2	溶度积	325
11-3	盐效应和同离子效应	329
11-4	沉淀的溶解	331
	习题	332

第十二章 氧化与还原

12-1	氧化还原方程式的配平	335
12-2	原电池	343
12-3	电极电位	346
12-4	电极电位和氧化还原反应的方向	352
12-5	氧化还原平衡	362
12-6	元素电位图	365

12-7	电动势与自由能的关系	368
12-8	化学电源	370
12-9	电解	374
12-10	金属的腐蚀和防腐	377
	习题	382
习题答案		387
附录一	重要物理常数	392
附录二	标准电极电位 (25℃)	392
附录三	对数表和反对数表	396

第一章 绪 论

1-1 化学研究的对象及方法

化学是自然科学的一个部门，在自然科学中占有重要的地位。它是研究物质及其变化的一门科学。具体地讲，化学是研究物质的组成、结构、性质和它们之间的关系，研究一物质变成另一物质的条件、方法以及变化规律性的科学。化学工作者必须掌握这种规律性，从而用来认识和改造客观世界。

化学是一门实验的科学，许许多多的化学现象都是凭借化学实验观察得到的。同时，在实验的基础上，通过分析、综合、归纳，得到定律、学说及理论。而所得到的定律、学说及理论正确与否，还需要用实验来验证。化学中一些定律和学说的发现完全遵循这一原则。

因此，实验在化学中占有重要的地位，学生必须重视实验工作，进行严格的实验操作训练。没有良好的操作训练，就无法得到正确的实验结果，也不可能正确认识客观世界。

由现象的认识提高到化学的理论，就是由感性认识到理性认识的一种飞跃。但是这些理性认识还必须回到化学实践中去，这就是检验理论和发展理论的过程，是整个认识过程

的继续，这是另一个更为重要的飞跃。

因此，必须重视化学理论对实践的指导作用。目前化合物的数目已达到百万种之多，化学现象又是千变万化，如果不以理论来指导，就无法掌握元素及其化合物的结构、特性及典型反应等基本知识。

总之，实践、认识、再实践、再认识，这是研究化学的唯一正确的方法。

1-2 化学在发展国民经济及国防中的作用

化学既然是研究物质及其变化的科学，它就直接指导着物质资料的生产和影响人民的生活水平。周总理说：“科学技术的基本任务，是为了发展生产，同自然界作斗争”。我们知道，从自然界中取得的东西，一部分能被直接利用，而大部分需要经过化学的加工处理，才能将它们转变成有用的物质。例如，我国有优良丰富的煤田，并有广大的油田及天然气资源，通过有机合成的方法，将这些原料转变成极为有用的塑料、合成纤维、合成橡胶、染料、药物、抗菌素等等。除天然原料外，化学还能将大量的工农业的废料加以利用。马克思说：“在化学领域内的每一个胜利，不仅使我们增加了有用物质的数量，并扩大了各种已知物品的用途。……化学的进步又教会我们将生产过程中的废料和消费品用于循环的再生产过程中”。

冶金工业需要大量的黑色金属、有色金属及稀有元素作为原料。一些近代技术，如原子能、半导体、火箭发射、激光等，都要求化学研究的协作。在这些工业中需要高纯度的铀、锆、锕、硅等。

农业现代化对化学肥料和农药提出了更高的要求，需要量也成倍地剧增。同时大量的农副产品也是化工的重要研究对象。这些都是化学工作者光荣而繁重的任务。

1-3 国际单位制（SI制）和摩尔单位

由于长期来各种教科书及文献中使用的单位非常混乱，因此有必要对目前通用的一些单位（如长度、质量）加以统一。从1960年开始，国际计量会议就物理-化学量和单位的问题提出统一的标度，这种标度称为国际单位制，其国际代号为SI。国际单位制中的一些基本单位称为国际制单位（SI单位，SI unit），现列于表1-1。

表1-1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位代号	
		中文	国际
长度	米	米	m
质量	千克（公斤）	千克（公斤）	kg
时间	秒	秒	s
电流	安培	安	A
热力学温度*	开尔文	开	K
物质的量	摩尔	摩	mol
光强度	坎德拉	坎	cd

* 也可以使用摄氏温度，摄氏温度通常用摄氏度（代号℃）表示。

对于物质的量的单位——摩尔（Mole），国际计量会议上给予下列的定义：

（1）摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含的基

本单元数与0.012千克 C^{12} 的原子数目相等。

(2) 在使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子,或是这些粒子的特定组合。

摩尔的中文代号为摩,国际代号为mol。1摩究竟表示多大的数目呢?根据摩尔的定义,1摩的任何质点(原子、分子、离子等等)所含的数目必然等于12克 C^{12} 中的原子数目。由于一个 C^{12} 原子的重量是一定的,所以12克 C^{12} 中所含的原子数目也是一定的。这个数目就是阿佛伽德罗常数,常以符号 N_0 表示。经过许多方法测定,阿佛伽德罗常数等于 6.022×10^{23} 。因此,1摩的任何质点(原子、分子、离子等)所含的数目都是 6.022×10^{23} 个。

1摩的物质有多少重呢?不同的物质,它们的质量不相同,因此1摩不同物质的质量也不相同。对于1摩的原子来说,其质量如果以克来计,在数值上就等于该元素的原子量。例如,1摩的锌原子重65.38克,1摩的钠原子重22.99克。换句话说,65.38克锌是1摩的锌,22.99克钠是1摩的钠(过去习惯上称做克原子数)。

【例1】 32.69克锌是多少摩?

解: 1摩锌的质量是65.38克,即65.38克/摩。那么,32.69克重的锌就相当于

$$\frac{32.69}{65.38} = 0.5(\text{摩})$$

【例2】 2摩的钠重多少克?

解: 1摩的钠重22.99克,即22.99克/摩。那么,2摩的钠就相当于

$$2 \times 22.99 = 45.98(\text{克})$$

对于1摩的分子来说,其质量如果以克来计,其数值就等

于该物质的分子量。例如，水的分子量是18.02，则18.02克的水就是1摩的水。又如，氯化氢的分子量是36.46，则1摩的氯化氢就重36.46克（过去习惯上称做克分子数）。

【例3】 36.04克重的水是多少摩？

解： 1摩的水重18.02克，即18.02克/摩。36.04克重的水就相当于

$$\frac{36.04}{18.02} = 2 \text{ (摩)}$$

【例4】 0.5摩的氯化氢重多少克？

解： 1摩的氯化氢重36.46克，即36.46克/摩，则0.5摩的氯化氢就相当于

$$0.5 \times 36.46 = 18.23 \text{ (克)}$$

同样，在标准状况下，1摩的任何气体所占的体积都接近于22.4升。这个体积称做气体的摩尔体积（过去习惯上称做气体的克分子体积）。在同温同压下，摩数相同的气体占有相同的体积。1摩的任何气体体积里都含有 6.022×10^{23} 个分子。