

高等学校教学用书

无机化学

(上册)

孟庆珍 胡鼎文 程泉寿 孔繁荣 编著

北京师范大学出版社

高等学校教学用书

无机化学

上册

孟庆珍 胡鼎文 编著
程泉寿 孔繁荣

北京师范大学出版社

内 容 简 介

本书是以中学教师进修高等师范本科无机化学教学大纲为依据编写的。全书共二十二章，分上、下二册出版，上册1~10章，下册11~22章。作者结合多年来的教学实践经验，力图将教材写得深入浅出，易于自学，书中各节中都编有思考题。选材既注意和中学教材的内容衔接，又在深度和理论水平上不低于部颁大学本科教学大纲的要求。针对中学教材的难点、重点和教学中常见的疑难问题，给予必要地指导、解答。结合元素及其化合物的性质，编入了一些精心设计的演示实验。本书还编入了一些史料性知识、参考资料，为学员进一步学习提供线索。为了帮助学员在学习中分清主次，每章开始提出了本章的内容提要与要求。本教材起点适当，陡度不大，富于启发性，适于中学教师进修、函授、专业合格证书考试用书。

编者的话

无机化学是大学化学专业的第一门重要的基础课程，在化学专业的学习中起着承前启后的作用，即无机化学的内容既要在中学化学知识的基础上提高一步，又要为后续课程准备必要的基础理论和无机化学知识。高等师范院校的无机化学又是和中学化学教学内容关系最为直接和密切的专业课。

本书主要是供具有高中毕业程度的中学化学教师为进修或自学高等师范本科无机化学的专业用书，也可作为高等师范院校或中等师范学校化学专业的教学用书，以及中学化学教师专业合格证书考试用书。

本书是以中学教师进修高等师范本科化学专业教学大纲为依据编写的。该大纲是由前教育部委托有关教育学院及高等师范院校根据1980年全国师范教育工作会议精神及前教育部颁发的中学教师进修高师本科教学计划(试行草案)制定的。根据本书读者的工作性质，结合我们多年教学的实践经验，在编写本书时注意到以下几点。

一、编入了一些史料性知识、参考资料或出处，以帮助读者了解科学发展过程及为进一步学习提供线索。

二、针对在中学教与学过程中容易混淆的概念、教学中的难点提出了一些思考题。

三、在教材内容的深度和广度上，不低于部颁大纲的内容(由前教育部师范教育司颁发的“无机化学教学大纲”，已由北京师范大学出版社出版并发行)。同时简要地反映了近代科学技术的成就。

四、教材中编入了一些演示实验（书中称为〈实验〉），以供读者在学习时参考。

对本书的编写形式有几点说明。

1. 在有关“物质结构理论”、“化学热力学”、“化学平衡及有关内容”、“非金属元素”、“过渡元素”等几大部分内容前面我们都加写了一段“篇头语”。着重介绍本部分的基本内容，以及在学习本部分内容时可借鉴的学习方法，其目的是便于读者能更快地掌握这些知识。

2. 为了保证教学的重点，帮助学员在学习分清主次，我们在每章开始提出了本章的“内容提要与要求”，对掌握教材内容提出三种不同程度的要求，即掌握、了解和一般了解。

掌握（理解）：这部分内容是教学的重点、核心。是要求学员必须学到手的知识。要求对某些理论、概念、原理方面的知识做到弄懂、记住、明确概念间的联系；能运用这些知识来解释、说明、解答某些问题，且能做到举一反三。

了解：属于了解范畴的内容，要求学员做到概念上清楚、方法上会用，对某些内容也要求记住。

一般了解：这部分内容多是某些后续课还要涉及到的或是出于习惯性、系统性的需要而编入的。这部分内容对系统知识的学习是有帮助的，而且也是必不可少的，只要求学员在学习后能有一定的印象即可。

3. 教材中有些内容是用小字排印或标有星花的。小字体的内容随正文编排，有节号，一般篇幅较长。标有星花（*）的内容是篇幅较短的，用以解释某些内容或注明有关参考资料的出处，为学员进一步学习提供线索。小字体或标有星花的内容大部分不是教学的要求。

4. 每章后习题的编排顺序多与本章内容节号的顺序一致，以便于学员学完本章后自我检查之用。

本书是由北京师范大学程泉寿（11、12、13、14、15、16章）、胡鼎文（绪论、2、3、5、18、19章）、北京师范学院孔繁荣（4、6、7、9、17章）、孟庆珍（1、8、10、20、21、22章）等共同编写的。全书由孟庆珍、胡鼎文统稿、定稿。最后上册请陈伯涛副教授、下册请赵继周教授审稿。在编写过程中施汝谷副教授审阅了上册草稿，提出宝贵修改意见，对我们帮助很大，在此表示衷心感谢！

由于时间仓促和编者水平的限制，错误在所难免，我们诚恳希望使用本书的老师和同学提出宝贵的意见。

编 者

1987年元月于北京

目 录

绪论

0-1	化学研究的对象和目的	1
0-2	化学科学的发展过程	3
0-3	化学科学的分支和有关边缘学科	5
0-4	无机化学的研究对象、发展和前景	6

第一章 化学基本概念和定律

第一节 化学基本定律和原子-分子论

1-1	化学基本定律	10
1-2	原子-分子论	21

第二节 气体基本定律

2-1	理想气体状态方程	29
2-2	理想气体定律	34

第三节 元素

3-1	元素	38
3-2	核素	40
3-3	同位素	40

第四节 化学式

4-1	化学式 分子式 最简式	41
4-2	化合价 氧化数	42
4-3	电子式 结构式	45

第五节 原子量与分子量

5-1	原子量	46
5-2	分子量测定	47

第六节 摩尔 摩尔质量	55
6-1 SI单位制简介	55
6-2 摩尔 摩尔质量	57
习题	59
第二章 原子结构和元素周期律	63
第一节 人类认识原子结构的简单历史	65
1-1 原子概念的发展	65
1-2 原子组成的实验基础	68
第二节 核外电子的运动状态	79
2-1 核外电子运动的特殊性	79
2-2 核外电子运动状态的描述	101
2-3 四个量子数	121
2-4 核外电子运动状态特点小结	132
第三节 多电子原子基态的电子层结构	133
3-1 多电子原子的能级	133
3-2 核外电子排布	143
第四节 原子结构与元素周期律的关系	154
4-1 元素周期律	154
4-2 从原子结构理解元素周期律	159
第五节 元素的某些基本性质及其变化的周期性	171
5-1 原子半径	172
5-2 电离势	179
5-3 电子亲合势	185
5-4 电负性	188
5-5 元素的氧化数(态)的递变	194
5-6 元素的金属性与非金属性	197
习题	200
第三章 化学键和分子结构	206

第一节	离子键理论	208
1-1	离子键形成过程及能量的变化	208
1-2	离子键的本质与特点	211
1-3	离子的特征	215
第二节	共价键理论	219
2-1	现代价键理论 (V.B.法)	221
2-2	键参数	233
2-3	杂化轨道理论	239
2-4	价层电子对互斥理论	250
2-5	分子的极性与磁性	257
2-6	现代价键理论的优缺点	266
第三节	分子轨道理论简介	267
3-1	分子轨道的含义	267
3-2	分子轨道的形成	268
3-3	分子轨道中电子的排布	275
3-4	分子轨道理论基本要点	282
第四节	配位键和金属键	283
4-1	配位键	283
4-2	金属键	286
第五节	分子间的作用力与氢键	291
5-1	分子间的作用力	291
5-2	氢键	296
	习题	301
第四章	固体状态	305
第一节	晶体	305
1-1	晶体的特征	306
1-2	晶格类型	307
1-3	晶体的基本类型	309

第二节	离子晶体	311
2-1	离子晶体的特征	311
2-2	离子晶体的空间构型	312
2-3	晶格能	316
第三节	原子晶体 分子晶体	319
3-1	原子晶体	319
3-2	分子晶体	321
第四节	金属晶体	322
4-1	金属晶体的紧密堆积	322
4-2	金属晶体的性质	323
第五节	混合型晶体	327
第六节	离子间的极化作用	328
第七节	玻璃体	331
	习题	334
第五章	化学反应和能	337
第一节	常用术语和概念	339
1-1	体系和相	339
1-2	状态和状态函数	341
1-3	过程和途径	343
1-4	热和功	343
第二节	热力学第一定律和热化学	345
2-1	热力学第一定律	345
2-2	热化学	350
2-3	反应热 (ΔH) 的求算	358
第三节	化学反应方向	377
3-1	反应自发性	377
3-2	混乱度与熵	382
3-3	自由能变化与化学反应方向	391

习题	403
第六章 化学反应速度	409
第一节 化学反应速度的表示方法	409
第二节 化学反应速度理论简介	412
2-1 碰撞理论简介 活化能	413
2-2 过渡状态理论简介	415
第三节 浓度对反应速度的影响	416
3-1 基元反应 非基元反应 反应机理	417
3-2 反应物浓度与反应速度的关系——质量作用定律	418
3-3 反应级数 反应分子数	423
3-4 常见反应的反应机理	424
第四节 温度对反应速度的影响	426
第五节 催化剂对反应速度的影响	432
5-1 催化剂 催化作用	432
5-2 催化剂对化学反应速度的影响	435
5-3 催化剂的选择性	437
习题	438
第七章 化学平衡	441
第一节 可逆反应与化学平衡	442
1-1 可逆反应与不可逆反应	442
1-2 化学平衡及意义	444
第二节 平衡常数	445
2-1 平衡常数的数学表示式	445
2-2 浓度平衡常数 K_c 与压力平衡常数 K_p	449
2-3 多重平衡	455
2-4 平衡常数与标准自由能变化 ΔG° 的关系	457
第三节 化学平衡的移动	460
3-1 转化率	461

3-2	浓度对化学平衡的影响	462
3-3	压力对化学平衡的影响	464
3-4	温度对化学平衡的影响	468
3-5	催化剂对化学平衡的影响	471
3-6	吕·查德里原理	471
习题		473
第八章 氢 水 溶液和胶体		478
第一节 氢		478
1-1	氢在自然界的分布	478
1-2	氢的成键特征	480
1-3	单质氢的性质和用途	482
1-4	氢气的制法	487
1-5	氢的同位素制法及性质的比较	488
1-6	氢化物	489
1-7	氢在周期表中位置的讨论	493
第二节 水		494
2-1	水的组成和结构	494
2-2	水的物理性质	497
2-3	水的化学性质	500
2-4	水的相图	503
第三节 溶液		505
3-1	分散系	505
3-2	溶液	506
3-3	蒸馏与结晶	517
3-4	溶液浓度	520
第四节 稀溶液通性		524
4-1	稀溶液的蒸气压下降——拉乌尔定律	524
4-2	稀溶液的沸点上升	526

4 3	稀溶液的凝固点下降	528
4 4	渗透压	529
4 5	依数性的应用示例	531
第五节 胶体		536
习题		544
第九章 电解质溶液和电离平衡		548
第一节 强电解质和弱电解质		548
1 1	强电解质和弱电解质	548
1 2	电离度	550
1 3	强电解质溶液理论简述	552
第二节 弱酸、弱碱的电离平衡		555
2 1	一元弱酸、一元弱碱的电离平衡 电离常数	555
2 2	电离常数和电离度的关系——稀释定律	560
2 3	多元弱酸的电离	562
第三节 水的离子积常数 溶液的pH值		567
3 1	水的电离和离子积常数	567
3 2	溶液的酸碱性和pH值	568
3 3	酸碱指示剂	572
第四节 同离子效应 缓冲溶液		575
4 1	同离子效应	575
4 2	盐效应	577
4 3	缓冲溶液	578
第五节 盐的水解		585
5 1	盐类水解	585
5 2	水解常数 水解度 盐溶液pH值	588
5 3	多元弱酸盐的水解	594
5 4	多元弱碱盐的水解	599
5 5	影响水解的因素	601

第六节	酸碱理论发展	603
6-1	早期对酸碱的认识	603
6-2	酸碱的电离理论	604
6-3	酸碱质子理论	605
6-4	酸碱的电子理论	609
6-5	软硬酸碱理论简介	611
第七节	难溶电解质的沉淀溶解平衡	613
7-1	溶度积常数	614
7-2	溶度积和溶解度的换算	617
7-3	溶度积规则	620
7-4	沉淀的生成、溶解和转化	624
7-5	沉淀反应的应用	633
	习题	636
第十章	氧化还原反应和电化学	639
第一节	氧化还原及其反应式的配平	640
1-1	氧化 还原 氧化剂 还原剂	640
1-2	氧化还原反应方程式的配平	644
第二节	原电池和电极电势	648
2-1	原电池	650
2-2	电极电势	653
2-3	标准电极电势的应用	661
2-4	标准电极电势与金属活动顺序的关系	669
第三节	影响电极电势的因素	670
3-1	奈斯特方程	671
3-2	奈斯特方程的应用	674
3-3	pH 电势图	681
第四节	电解和电池	685
4-1	电解池与原电池	685

4-2 分解电压与超电压.....	686
4-3 电解定律.....	692
第五节 化学电源简介.....	694
第六节 金属腐蚀及防腐.....	697
习题.....	703
附录.....	710
1. 一些基本常数和单位换算因数.....	710
2. 热力学数据.....	711
3. 弱酸、弱碱在水中的电离常数.....	723
4. 微溶化合物的溶度积.....	725
5. 标准电极电势.....	728

绪 论

0-1 化学研究的对象和目的

〔实验 0-1〕 将铁粉与硫粉按 7 : 4 的质量比混合,在三角架的石棉网上堆成“小山”(图 0-1)。用燃着的镁条来点燃,反应

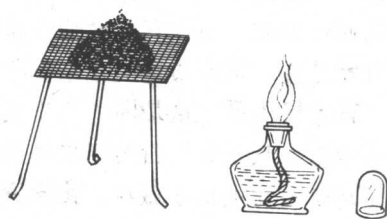


图 0-1 铁粉和硫粉混合点燃

进行激烈,并放出大量的热,冷却后得到灰褐色物质。

化学家对于这样的实验事实,就要考虑铁粉、硫粉是两种不同的物质,各自有哪些性质?混合点燃时为什么会发生激烈的化学变化,得到的灰褐色新物质的组成、结构和性质怎样?它能有什么用途……。粗浅地说上述各个方面就是化学研究所涉及的内容。化学是什么呢?简言之,化学就是研究物质及其化学变化的科学。现代更严格地说,化学主要是在分子、原子或离子等层次上研究物质(严格来说是化学中讨论到的具体实物)的组成、结构、性能、相互变化及变化过程中能量关系的科学。同其他自然科学如数学、物理学、生物学一样,化学也有自己的研究对象,

化学的主要研究对象是物质和物质的化学变化。

上述实验产生的灰褐色物质既不同于铁粉又不同于硫粉，进一步研究可知它是硫化亚铁 FeS ，是一种新物质。因此化学变化发生的是质变，产生了新的物质，这就是化学变化的第一个特点。这是因为化学变化是旧键断裂、新键形成的过程。从分子水平而言，在化学变化过程中分子变了，或者原子、离子的结合方式变了，可是原子核的组成和内层电子（价电子除外的核外电子）并没有改变。凡不属于这个范围的质变一般不是化学变化。

上述实验中铁粉和硫粉若不是按7：4的质量比混合，实验后就会发现，铁粉或硫粉之一要有剩余。只有按上述比例，完全反应后只有硫化亚铁生成，而没有多余的铁粉或硫粉。这就是说化学变化时反应物是按一定的质量关系来变化的，这是化学变化的第二个特点，有定量关系。这是因为化学变化过程中原子核及内层电子都没有变化，只是外层价电子发生变化，原子基本未变，所以说原子是化学变化的最小微粒，化学变化是原子的重新分配与组合。原子总数不变，因而质量守恒。又因为产物中各元素原子个数或质量结合时有一定比例（定组成），所以参加变化的反应物之间就必定有一定的原子个数比例或质量关系。因而“定量关系”是从原子水平而言的，反应前后原子个数未变，质量守恒，所形成的产物有固定组成，因此反应物之间，以及反应物与产物之间、产物与产物之间都有一定的量的关系。

上述实验现象很激烈，并有大量热放出，这是因为各物质在一定状态下都有一定的能量。铁粉、硫粉混合后未点燃时有一定能量，点燃后生成的硫化亚铁也有一定的能量。可是反应物能量与产物的能量往往不一样，如硫化亚铁具有的能量就要比铁粉、硫粉未反应时具有的能量低，结果多余的能量就要释放出来，所以化学变化的第三个特点就是伴随着有能量的变化。

化学研究的目的在于通过实验的观察来认识物质的化学变化