

化工工人岗位培训教材

化 学 基 础

霍子莹 李海鹰 等编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化学基础/霍子莹, 李海鹰等编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 8

化工工人岗位培训教材

ISBN 7-5025-5991-4

I. 化… II. ①霍… ②李… III. 化学-技术培训-教材
IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 086291 号

化工工人岗位培训教材

化 学 基 础

霍子莹 李海鹰 等编

责任编辑: 周国庆 刘 哲

责任校对: 李 林 靳 荣

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 12½ 彩插 1 字数 330 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5991-4/O · 60

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

为适应市场经济发展和行业发展对职工教育培训的需要，积极配合化工企业技术工人进行职业技能鉴定及培训，提高工人理论知识和操作技能，根据国家有关部门职业技能鉴定标准，结合化工企业技术工人的现状，化学工业出版社组织了一套《化工工人岗位培训教材》，包括《化学基础》、《化工工艺基础》、《机械基础》、《化工安全技术基础》、《化工单元操作过程》、《化工电气》、《化工仪表》和《化工分析》。

本书为《化学基础》。编写过程中，注重强化理论知识中在实际应用较多的部分，简化并精简较难的部分；简化计算难度，而强调计算方法；简化复杂化学反应式，而强调并突出有重要应用的反应；简化抽象理论知识，对如分子结构等部分着重为后面知识的承接，而不强调对一些理论研究结论的分析和讨论。考虑到技术工人对知识要求的差别和衔接问题，本书尽量做到叙述通俗易懂，文字简明扼要，配合适量的图片和表格，以求方便读者阅读和参考。

本书无机部分（1~10章）由霍子莹编写；有机部分（11~23章）的编写工作分别由崔婷（11~14章）、李海鹰（15~20章）及李庆新（21~23章）负责完成，李海鹰负责有机部分的统一修改定稿，李庆新对有机部分做了大量的编辑工作。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中可能存在一些不足之处，敬请谅解，并恳请读者提出宝贵意见！

编 者

2004年5月

目 录

绪论	1
0.1 化学是研究物质化学变化的科学	1
0.2 无机化学的发展和前景	1
0.3 有机化学的发展和前景	3
第 1 章 化学基本概念和基本定律	5
1.1 化学的基本概念	5
1.1.1 原子和分子	5
1.1.2 元素、核素和同位素	7
1.1.3 原子量、分子量和式量	8
1.2 国际单位制和摩尔	9
1.2.1 国际单位制	9
1.2.2 我国法定计量单位	9
1.2.3 摩尔	10
1.2.4 摩尔质量	10
1.3 气体定律	11
1.3.1 理想气体状态方程	12
1.3.2 气体摩尔体积	13
1.4 化学方程式及其计算	14
1.4.1 化学方程式	14
1.4.2 化学方程式的计算	14
1.4.3 热化学方程式	15
第 2 章 化学反应速率	17
2.1 化学反应速率的概念及表示方法	17
2.2 影响化学反应速率的因素	18
2.2.1 浓度对化学反应速率的影响——质量作用定律	18
2.2.2 温度对化学反应速率的影响	19

2.2.3	催化剂对化学反应速率的影响	20
2.2.4	其他因素对化学反应速率的影响	21
第3章	化学平衡	23
3.1	可逆反应与化学平衡	23
3.1.1	可逆反应与不可逆反应	23
3.1.2	化学平衡与平衡常数	24
3.2	化学平衡的移动	26
3.2.1	浓度对化学平衡的影响	26
3.2.2	压力对化学平衡的影响	28
3.2.3	温度对化学平衡的影响	28
3.2.4	化学平衡移动原理	29
3.2.5	化学平衡移动原理的应用——氨的合成	29
第4章	电解质溶液与电离平衡	31
4.1	弱酸和弱碱的电离平衡	31
4.1.1	一元弱酸和弱碱的电离平衡	31
4.1.2	多元弱酸的电离平衡	36
4.2	溶液的酸碱性	36
4.2.1	水的电离平衡和水的离子积	36
4.2.2	溶液的酸碱性和 pH 值	37
4.2.3	酸碱指示剂	40
4.3	缓冲溶液	40
4.4	盐的水解	42
4.4.1	盐类的水解平衡	42
4.4.2	盐溶液的 pH 值	42
4.4.3	影响盐类水解作用的因素	44
4.5	难溶电解质沉淀的生成和溶解	45
4.5.1	溶度积	45
4.5.2	溶度积与溶解度的相互换算	46
4.5.3	沉淀生成和溶解的条件	46
4.5.4	沉淀的转化	47
4.5.5	沉淀反应的某些应用	48
第5章	氧化还原反应与电化学基础	49
5.1	氧化还原反应的基本概念	49

5.1.1	氧化和还原、氧化剂和还原剂	50
5.1.2	氧化还原反应方程式的配平	52
5.2	原电池与电极电势	53
5.2.1	原电池	53
5.2.2	电极电势	56
5.3	标准电极电势	57
5.3.1	标准氢电极	57
5.3.2	标准电极电势	57
5.3.3	影响电极电势的因素	58
5.3.4	电极电势的应用	59
5.4	电化学基础	61
5.4.1	化学电源	61
5.4.2	电解	64
5.4.3	金属的腐蚀与防腐蚀	67
第 6 章	原子结构与元素周期律	69
6.1	原子的组成	69
6.1.1	原子的组成	69
6.1.2	同位素	70
6.2	核外电子的运动状态	71
6.2.1	电子云	71
6.2.2	核外电子的运动状态	72
6.3	核外电子的排布	74
6.3.1	能量最低原理	74
6.3.2	保里不相容原理	75
6.3.3	洪特规则	75
6.4	元素周期律与元素周期表	76
6.4.1	元素周期律	76
6.4.2	元素周期表	79
6.5	元素性质与原子结构的关系	81
6.5.1	原子半径、电离能和电负性	81
6.5.2	元素的金属性和非金属性	83
6.5.3	元素的化合价	84
第 7 章	化学键与分子结构	86

7.1	离子键	86
7.1.1	离子键的形成	86
7.1.2	离子的结构特征	87
7.1.3	离子键的特征	88
7.2	共价键	88
7.2.1	共价键的形成	88
7.2.2	共价键的特征	89
7.2.3	共价键的类型	90
7.2.4	键的参数	90
7.3	配位键和金属键	91
7.3.1	配位键	91
7.3.2	金属键	91
7.4	分子的极性	92
7.5	分子间力和氢键	93
7.5.1	分子间力	93
7.5.2	氢键	94
7.6	晶体的基本类型	95
7.6.1	晶体的特征	95
7.6.2	晶体的基本类型	96
第8章	配位化合物	99
8.1	配位化合物的基本概念	99
8.1.1	配合物的定义	99
8.1.2	配合物的组成	100
8.1.3	配合物的命名	102
8.2	配合物的稳定性	103
8.2.1	配离子在水溶液中的稳定性	103
8.2.2	配位平衡的移动	104
8.3	配合物的应用	106
8.3.1	在分析化学中的应用	106
8.3.2	在生命过程中的重要作用	107
8.3.3	分离、提纯稀有元素	107
8.3.4	在湿法冶金中的应用	108
8.3.5	在电镀中的应用	108

8.3.6	配位催化	108
第9章	重要的金属元素及其化合物	110
9.1	碱金属和碱土金属	110
9.1.1	碱金属	110
9.1.2	碱土金属	114
9.2	过渡元素	118
9.2.1	过渡元素的概述	118
9.2.2	铜族元素	120
9.2.3	锌族元素	125
9.2.4	铬及其重要化合物	130
9.2.5	锰及其重要化合物	132
9.2.6	铁系元素	135
9.3	锡、铅及其重要化合物	140
第10章	重要的非金属元素及其化合物	142
10.1	卤素	142
10.1.1	卤素的通性	142
10.1.2	氯气	143
10.1.3	氯化氢和盐酸	145
10.1.4	氯的含氧酸及其盐	146
10.1.5	溴、碘及其化合物	148
10.1.6	卤离子的鉴定	150
10.2	氧族元素	150
10.2.1	氧族元素的通性	150
10.2.2	氧和臭氧、过氧化氢	151
10.2.3	硫及含硫化合物	153
10.3	氮族元素	161
10.3.1	氮族元素的通性	161
10.3.2	氮气及含氮化合物	162
10.3.3	磷及其化合物	170
10.4	碳族元素	172
10.4.1	碳族元素的通性	172
10.4.2	碳及其化合物	173
10.4.3	硅及其化合物	176

第 11 章 有机化合物概述	180
11.1 有机化合物和有机化学	180
11.1.1 有机化合物的历史发展	180
11.1.2 有机化学的研究对象	181
11.2 有机化合物的特性	181
11.3 有机化合物的结构	182
11.4 有机化合物的分类	184
11.4.1 按碳骨架分类	184
11.4.2 按官能团分类	185
11.5 有机化学和有机化合物的地位及作用	186
第 12 章 烷烃	188
12.1 烷烃的通式、同系列和同分异构	188
12.1.1 烷烃的通式和同系列	188
12.1.2 烷烃的同分异构现象	189
12.2 烷烃的命名法	189
12.2.1 普通命名法	189
12.2.2 系统命名法	190
12.3 烷烃的结构	191
12.3.1 甲烷分子的正四面体结构	191
12.3.2 其他烷烃的结构	192
12.4 烷烃的性质	192
12.4.1 烷烃的物理性质	192
12.4.2 烷烃的化学性质	194
12.5 烷烃的来源	197
12.5.1 天然气	197
12.5.2 石油	197
第 13 章 烯烃	199
13.1 烯烃的通式、同系列和同分异构	199
13.1.1 烯烃的通式和同系列	199
13.1.2 烯烃的同分异构现象	199
13.2 烯烃的命名	200
13.2.1 普通命名法	200
13.2.2 系统命名法	200

13.3	烯烃的结构	200
13.3.1	乙烯分子的结构	200
13.3.2	烯烃的顺反异构	202
13.4	烯烃的性质	202
13.4.1	烯烃的物理性质	202
13.4.2	烯烃的化学性质	203
13.5	烯烃的来源和制法	209
13.5.1	从裂解气、炼厂气中分离	209
13.5.2	醇脱水	209
13.5.3	卤代烷脱卤化氢	209
13.6	重要的烯烃	209
13.6.1	乙烯	209
13.6.2	丙烯	211
13.6.3	异丁烯	212
第 14 章	炔烃	213
14.1	炔烃的通式和同分异构	213
14.1.1	炔烃的通式	213
14.1.2	炔烃的同分异构现象	213
14.2	炔烃的命名	214
14.3	炔烃的结构	214
14.3.1	乙炔的结构	214
14.3.2	其他炔烃的结构	214
14.4	炔烃的性质	215
14.4.1	炔烃的物理性质	215
14.4.2	炔烃的化学性质	215
14.5	炔烃的制法	219
14.5.1	炔化物的炔化	219
14.5.2	二卤代烷脱卤化氢	219
14.6	重要的炔烃——乙炔	219
14.6.1	乙炔的工业制法	220
14.6.2	乙炔的性质和用途	220
第 15 章	二烯烃	222
15.1	二烯烃的通式、分类和命名	222

15.1.1	二烯烃的通式	222
15.1.2	二烯烃的分类	222
15.1.3	二烯烃的命名	223
15.2	共轭二烯烃	223
15.2.1	共轭二烯烃的结构和共轭效应	223
15.2.2	共轭二烯烃的性质	224
15.3	天然橡胶和异戊二烯	226
第 16 章 脂环烃		228
16.1	脂环烃的分类、命名	228
16.1.1	脂环烃的分类	228
16.1.2	单环脂环烃的命名	228
16.2	环烷烃的同分异构现象	229
16.3	环烷烃的性质	229
16.3.1	环烷烃的物理性质	229
16.3.2	环烷烃的化学性质	230
16.4	环烷烃的结构	232
16.5	环烷烃的来源与制备	234
16.5.1	石油馏分分离法	234
16.5.2	苯加氢法	234
第 17 章 芳香烃		235
17.1	芳香烃的分类	235
17.1.1	单环芳烃	235
17.1.2	多环芳烃	236
17.1.3	稠环芳烃	236
17.2	苯分子的结构	236
17.2.1	苯的凯库勒构造式	236
17.2.2	苯分子结构的近代观点	237
17.3	单环芳烃及其衍生物的异构和命名	238
17.3.1	单环芳烃的构造异构和命名	238
17.3.2	单环芳烃衍生物的命名	239
17.4	单环芳烃的性质	240
17.4.1	单环芳烃的物理性质	240
17.4.2	单环芳烃的化学性质	241

17.5	苯环上取代反应的定位规律	247
17.5.1	取代基定位规律	247
17.5.2	取代定位规律的应用	248
17.6	重要的单环芳烃	250
17.6.1	苯	250
17.6.2	甲苯	251
17.6.3	苯乙烯	251
17.7	萘	252
17.7.1	萘的结构	252
17.7.2	萘的命名	253
17.7.3	萘的性质	253
17.8	芳烃的工业来源	255
17.8.1	由炼焦副产物回收芳烃	256
17.8.2	石油的芳构化	256
第 18 章	卤代烃	257
18.1	卤代烃的分类、同分异构和命名	257
18.1.1	卤代烃的分类	257
18.1.2	卤代烃的同分异构现象	258
18.1.3	卤代烃的命名	258
18.2	卤代烷的性质	259
18.2.1	卤代烷的物理性质	259
18.2.2	卤代烷的化学性质	260
18.3	卤代烃的制法	263
18.3.1	由烃卤代	263
18.3.2	由不饱和烃与卤化氢或卤素加成	263
18.3.3	由醇制备	263
18.4	重要的卤代烃	264
18.4.1	三氯甲烷	264
18.4.2	四氯化碳	264
18.4.3	氯乙烯	265
18.4.4	二氟二氯甲烷	266
18.4.5	四氟乙烯	266
18.4.6	氯苯	266

18.4.7	氯化苄	267
第 19 章	醇、酚、醚	268
19.1	醇	268
19.1.1	醇的结构	268
19.1.2	醇的分类	269
19.1.3	醇的同分异构现象	269
19.1.4	醇的命名	270
19.1.5	醇的性质	271
19.1.6	醇的制法	276
19.1.7	重要的醇	277
19.2	酚	279
19.2.1	酚的结构	279
19.2.2	酚的分类	279
19.2.3	酚的命名	279
19.2.4	酚的性质	280
19.2.5	酚的制法	284
19.2.6	重要的酚	286
19.3	醚	287
19.3.1	醚的结构	287
19.3.2	醚的分类	287
19.3.3	醚的命名	288
19.3.4	醚的性质	288
19.3.5	醚的制法	290
19.3.6	重要的醚	290
第 20 章	醛和酮	293
20.1	醛和酮的结构、分类、同分异构及命名	293
20.1.1	醛、酮的结构	293
20.1.2	醛、酮的分类	293
20.1.3	醛、酮的同分异构现象	294
20.1.4	醛、酮的命名	294
20.2	醛和酮的性质	295
20.2.1	醛、酮的物理性质	295
20.2.2	醛、酮的化学性质	296

20.3	醛和酮的制法	303
20.3.1	醇的氧化或脱氢	303
20.3.2	炔烃水合	303
20.3.3	羰基合成	304
20.3.4	烯烃的醛基化	304
20.4	重要的醛、酮	304
20.4.1	甲醛	304
20.4.2	乙醛	306
20.4.3	苯甲醛	306
20.4.4	丙酮	307
20.4.5	环己酮	307
第 21 章	羧酸及其衍生物	309
21.1	羧酸	309
21.1.1	羧酸的结构和分类	309
21.1.2	羧酸的命名	310
21.1.3	羧酸的性质	311
21.1.4	羧酸的制法	316
21.1.5	重要的羧酸	317
21.2	羧酸衍生物	321
21.2.1	羧酸衍生物的结构和命名	321
21.2.2	羧酸衍生物的性质	323
21.2.3	重要的羧酸衍生物	327
第 22 章	含氮化合物	331
22.1	芳香族硝基化合物	331
22.1.1	芳香族硝基化合物的结构、分类和命名	331
22.1.2	芳香族硝基化合物的性质	332
22.1.3	重要的硝基化合物	334
22.2	胺	335
22.2.1	胺的结构、分类和命名	335
22.2.2	胺的性质	337
22.2.3	重要的胺	344
22.2.4	季铵盐和季铵碱	346
22.3	重氮和偶氮化合物	346

22.3.1	重氮和偶氮化合物的结构与命名	346
22.3.2	重氮化反应	347
22.3.3	重氮盐的性质及其在合成上的应用	348
22.3.4	偶氮化合物和偶氮染料	352
22.4	腈	353
22.4.1	腈的结构和命名	353
22.4.2	腈的性质	353
22.4.3	重要的腈——丙烯腈	355
第 23 章	高分子化合物	356
23.1	高分子化合物的基本概念	356
23.2	高分子化合物的分类和命名	357
23.2.1	高分子化合物的分类	357
23.2.2	高分子化合物的命名	358
23.3	高分子化合物的结构和特性	358
23.3.1	高分子化合物的结构	358
23.3.2	高分子化合物的特性	359
23.4	高分子化合物的合成	359
23.4.1	加聚反应	360
23.4.2	缩聚反应	360
23.5	重要的合成高分子材料	360
23.5.1	塑料	361
23.5.2	合成纤维	362
23.5.3	合成橡胶	364
23.5.4	离子交换树脂	365
附录		370
附录 1	标准电极电势 (298.15 K)	370
附录 2	配合物的稳定常数	374
附录 3	弱酸、弱碱的电离常数	376
附录 4	常见难溶强电解质的溶度积常数 $K_{sp}^{\ominus}$ (25 °C)	377
参考文献		379

绪 论

0.1 化学是研究物质化学变化的科学

世界是由物质构成的。物质永远处于不断运动、变化、发展的状态。化学变化就是物质运动形式之一——物质的化学运动。研究化学的目的，在于认识物质的性质以及物质化学运动的规律，并将这些规律应用于生产。物质的性质决定于物质的组成和结构，为了从本质上掌握化学变化的规律，化学必须首先研究物质的组成、结构、性质及其相互关系。此外，化学变化中还常出现放热、吸热、光、电等现象。总之，化学是研究物质的组成、结构、性质变化规律以及伴随变化发生的现象的科学。

自然界的物质种类繁多，但它们基本由到目前为止已发现的112种元素中的一种或几种所构成。其中碳元素形成的化合物较为复杂，数量也远远超过由其他元素构成的化合物的总和，更不同的是这些复杂的碳化合物是构成生物有机体的主要成分。因此，化学又初步划分为有机化学和无机化学。有机化学是专门研究碳的化合物的化学。无机化学则是研究除碳元素以外的所有元素及其化合物的化学。碳酸盐、一氧化碳、二氧化碳、氰化物、碳化物、硫氰化物等碳元素的简单化合物一般也划入无机化学范围之内。

0.2 无机化学的发展和前景

化学的产生与发展是与人类最基本的生产活动紧密联系在一起。最初的制陶、金属冶炼、纸和火药的发明、瓷器和玻璃的制造、染色工艺的出现等，都是从生产实践中发展起来的古代实用化

学，所涉及的原料及成品几乎都是无机物，它们的出现和发展就是对无机化学的研究，所以最初的化学是无机化学。化学的发展也是从对无机物的研究开始的。

17 世纪欧洲发生产业革命，大大地解放了生产力，使社会生产达到了前所未有的高度。由于冶金、化工生产的发展，人们积累了大量关于物质转化的新知识，加快了对物质世界认识的飞跃。

从 18 世纪中叶到 19 世纪中叶的 100 多年中，随着生产和科学实验的发展，新的元素不断被发现。由于电池的试制成功，电解方法的广泛采用，钾、钠、钙、锶、钡等 20 种元素都是在这个时期发现的。

到 1869 年已有 63 种元素及其化合物的物理、化学性质的研究资料为人们所掌握，但是这些资料零散、缺乏系统性。俄国化学家门捷列夫（1834~1907）抓住原子量这个元素的基本特性，研究它和元素性质之间的关系，终于在 1869 年发现了元素周期律，排出了元素周期表。周期律为寻找和预见新元素提供了理论上的指导，它是近代化学史上重要的里程碑，也是无机化学形成一个化学分支的标志。现代周期律已成为无机化学的重要理论基础之一。至 1961 年，原子序数 1~103 的元素全部被发现，它们填满了周期表 1~6 周期的全部及第七周期前面的 16 个位置。而后，从 1968 到 1982 年又发现了 104~109 号元素，迄今共有 112 种元素被发现。据核物理理论预计，175 号元素可以稳定存在。

19 世纪末到 20 世纪初，真空放电、阴极射线、X 射线等的发现揭开了原子的秘密，打破了原子不可分割的形而上学观点，以后逐渐发展成为现代物质结构理论。20 世纪 40 年代以后，原子能等新兴工业技术部门对各种特殊性能的无机材料的急迫需求又促进了无机化学的大发展。例如，原子能工业促进了稀有元素分离和放射性元素的研究，电子技术和激光等物理新成就提出制造单晶和超纯物质的新任务，宇宙航行要求高能燃料和耐高温材料。这不仅需要解决某些特殊的无机材料的合成或分离方法，而且要求实现工业规模的生产。目前已形成了大规模的无机化学工