

无机化学

甘齐华 阳学文 主编



江西高校出版社

图书在版编目(CIP)数据

无机化学/甘齐华,阳学文主编. —南昌:江西高校出版社,2014.8

江西省五年一贯制高职文化基础课程统编教材
ISBN 978-7-5493-2791-1

I. ①无... II. ①甘... ②阳... III. ①无机化学-
高等职业教育-教材 IV. ①061

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 199867 号

出版发行	江西高校出版社
社 址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
邮 政 编 码	330046
总编室电话	(0791)88504319
销 售 电 话	(0791)88511423
网 址	www.juacp.com
印 刷	南昌三联印务有限公司
照 排	江西太元科技有限公司照排部
经 销	各地新华书店
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	7
字 数	133 千字
版 次	2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5493-2791-1
定 价	22.00 元

赣版权登字-07-2014-484
版权所有 侵权必究

江西省五年一贯制高职文化基础课程统编教材

编审委员会

编审委员会主任 程样国

编审委员会委员 (按姓氏笔画排序)

邓小红	支卫兵	文玉菊	邓晓阳	卢 涛
刘秀峰	刘明初	刘 勇	朱祖余	刘碧堂
杨云山	邱少华	李汉华	肖玉梅	李坚利
杜忠庆	陈宝昌	李茂旺	陈建章	吴胜生
肖海明	张雪黎	严智雄	罗红卫	胡长胜
胡永红	胡春亮	胡继平	钟景辉	徐江荣
顾素云	黄小芬	曾亚东	游 涛	彭晓兰
蔡冬根	廖仲明	樊 荣	戴晓文	

总 序

我国自上世纪八九十年代开办五年制高职教育以来,五年制高职教育以其独特的优势成为高技能人才培养的重要途径。

由于五年制高职招收的学生为初中毕业生,文化基础相对较弱,人生观、价值观尚未形成,需要通过文化基础课学习提高思想认识和文化素养,打牢专业课学习的基础,获得自主学习和可持续发展的能力,因而文化基础课教学在五年制高职教育中具有特殊重要意义。为了深入贯彻国家有关加快现代职业教育体系建设的新精神,进一步提高五年制高职文化基础课程教学和教材建设水平,凸显其基础性、实用性和服务于专业教育的课程功能,我们组织有关专家和一线教师编写了这套五年制高职文化基础课程教材。

本套教材由主教材和配套教学材料组成,其中主教材包括语文(1-4册)、数学(1-4册)、英语(1-4册)、物理(1-2册)、化学(1-2册)共16本,配套教学材料包括拓展本、习题集、电子课件等。

本套教材依据五年制高职文化基础课特点和高职教学实际编写,以体现中高职教育课程有机对接为原则,主要内容为五年制高职学生必备的各学科文化基础知识。与同类教材相比,本套教材具有以下五个方面的特色:一是难度在同类教材的基础上适当降低,删繁就简,力求学以致用,学而够用,以便更加符合五年制高职学生认知水平现状;二是重视基础、突出应用、反映前沿,培养学生应有的人文素质,为后续专业课程学习打下良好的基础;三是体例新颖,部分条件成熟的学科采用适合职业教育特点的“项目引导、任务驱动”教材体例,易教易学;四是符合五年制高职教学需求,反映五年制高职教学特色;五是配套材料齐全,以主教材为核心,同步出版拓展本、习题集、多媒体课件等配套材料,全方位满足教学需求。

编写一套符合当前五年制高职文化基础课教学实际的教材是一项全新的工作,任务重,要求高,尽管我们尽了最大的努力,但仍可能存在不足,敬请大家予以指正。

前 言

无机化学是五年一贯制高等职业教育各专业的一门重要文化基础课程。本教材是根据培养五年制大专层次应用型、技术型人才的目标和要求,本着为专业课程教学服务的宗旨进行编写的,供五年制高等职业教育各专业的学生使用。

职业教育的最大特点就是“职业性”。在本书的编写过程中,我们尽量体现职业岗位需求的指导思想,遵循“实用为准,够用为度”的编写原则,力求提高学生的文化素养、提高学生对专业课程的学习能力。教材突出了“简明实用,难易适中”的特点。

本教材所有模块正文前都列有模块目标,利于学生掌握模块的学习重点,模块正文后附有模块小结,便于学生归纳、总结模块知识要素。模块最后附有趣味阅读,旨在提高学生的学习兴趣,拓展学生的知识面。另外,为了便于师生使用,我们同时编写配套的《无机化学习题及实验指导》。尽管如此,由于职业教育面临着职业岗位的特殊要求,教材可能难以满足各专业的不同需求,使用时教师们可根据专业需要适当增减教学内容。

在本书的编写过程中,我们得到了各参编学校和江西高校出版社的大力支持,也参考了部分同类文献,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加上编写时间仓促,书中不妥之处在所难免,欢迎广大师生批评指正。

编者
2014 年 7 月

目 录

| 模块一 | 原子结构和元素周期律 / 1

模块目标 / 1

引言 / 1

项目一 原子结构 / 1

任务一: 原子的组成 / 1

任务二: 同位素及其应用 / 2

任务三: 原子核的外电子的排布 / 3

项目二 元素周期律和元素周期表 / 4

任务一: 元素周期律 / 4

任务二: 元素周期表 / 7

任务三: 元素周期表的应用 / 9

项目三 化学键和氢键 / 10

任务一: 离子键 / 10

任务二: 共价键 / 10

任务三: 分子间作用力和氢键 / 11

模块小结 / 12

趣味阅读 / 12

| 模块二 | 氧化还原反应 / 14

模块目标 / 14

引言 / 14

项目一 氧化还原反应的概念 / 14

任务一: 氧化还原反应 / 14

任务二: 氧化剂和还原剂的概念 / 16

项目二 氧化还原反应的配平 / 17

任务一: 配平原则 / 17

任务二: 配平步骤 / 17

模块小结 / 18

趣味阅读 / 19

| 模块三 | 元素及其化合物 / 20

模块目标 / 20

引言 / 20

项目一 卤族元素 / 20

任务一: 卤素的通性 / 20

任务二: 卤素单质的性质 / 21

任务三: 卤化物 / 22

任务四: 卤离子的检验与鉴别 / 23

项目二 氧族元素 / 24

任务一: 氧族元素的通性 / 24

任务二: 过氧化氢 / 24

任务三: 硫的化合物 / 25

项目三 碱金属和碱土金属 / 27

任务一: 碱金属和碱土金属的通性 / 27

任务二: 碱金属和碱土金属的氧化物 / 30

任务三: 碱金属和碱土金属的氢氧化物 / 30

任务四: 碱金属和碱土金属的盐类 / 31

模块小结 / 32

趣味阅读 / 32

| 模块四 | 物质的量 / 34

模块目标 / 34

引言 / 34

项目一 物质的量及其单位 / 34

任务一: 物质的量及其单位 / 34

任务二: 摩尔质量及其计算 / 35

项目二 气体摩尔体积 / 37

任务一: 气体摩尔体积 / 37

任务二: 有关气体摩尔体积的计算 / 40

模块小结 / 41

趣味阅读 / 41

| 模块五 | 溶液和胶体溶液 / 43

模块目标 / 43

引言 / 43

项目一 分散系 / 43

任务一: 分散系的概念 / 43

任务二: 分散系的分类 / 43

任务三: 乳浊液在医学上的用途 / 45

项目二 溶液组成量度的表示方法及溶液的配制 / 45

任务一: 溶液的组成量度 / 45

任务二: 溶液浓度的换算 / 48

任务三: 溶液的配制和稀释 / 50

项目三 溶液的渗透压 / 51

任务一: 渗透现象和渗透压 / 51

任务二: 渗透压与浓度和温度的关系 / 52

任务三: 渗透压在医学上的意义 / 53

项目四 胶体溶液和高分子化合物溶液 / 55

任务一: 溶胶的性质 / 55

任务二: 溶胶的稳定性和聚沉 / 56

任务三: 高分子化合物溶液 / 57

模块小结 / 58

趣味阅读 / 59

| 模块六 | 化学反应速率和化学平衡 / 60

模块目标 / 60

引言 / 60

项目一 化学反应速率 / 60

任务一: 化学反应速率 / 60

任务二: 影响化学反应速率的因素 / 61

项目二 化学平衡 / 62

任务一: 可逆反应和化学平衡 / 62

任务二: 化学平衡常数 / 64

任务三: 化学平衡的移动 / 64

模块小结 / 67

趣味阅读 / 68

| 模块七 | 电解质溶液 / 69

模块目标 / 69

引言 / 69

项目一 强电解质和弱电解质 / 69

任务一: 强电解质和弱电解质 / 69

任务二: 弱电解质的电离平衡 / 71

任务三: 同离子效应 / 73

项目二 离子反应	/ 74
任务一: 离子反应和离子方程式	/ 74
任务二: 离子反应发生的条件	/ 74
项目三 水的电离和溶液的 pH 值	/ 75
任务一: 水的电离和水的离子积	/ 75
任务二: 溶液的酸碱性和 pH 值	/ 76
任务三: 溶液 pH 值的计算	/ 77
任务四: 酸碱指示剂	/ 78
项目四 盐类的水解	/ 79
任务一: 盐类的水解	/ 79
任务二: 不同类型盐的水解	/ 79
任务三: 影响盐类水解的因素及其应用	/ 81
项目五 缓冲溶液	/ 82
任务一: 缓冲作用和缓冲溶液	/ 82
任务二: 缓冲溶液的组成	/ 83
任务三: 缓冲作用原理	/ 83
任务四: 缓冲溶液 pH 值的基本计算	/ 84
任务五: 缓冲溶液的配制	/ 86
任务六: 缓冲溶液在医药上的意义	/ 87
模块小结	/ 87
趣味阅读	/ 88

| 模块八 | 配位化合物和生物元素 / 90

模块目标	/ 90
引言	/ 90
项目一 配位化合物	/ 90
任务一: 配合物的概念	/ 90

任务二: 配合物的组成 / 90

任务三: 配合物的命名 / 92

项目二 螯合物 / 93

任务一: 螯合物 / 93

任务二: 常见的螯合剂 / 93

项目三 生物元素 / 94

任务一: 生物元素的分类 / 94

任务二: 生物金属元素的存在形式 / 95

任务三: 生物金属元素的生理功能 / 95

模块小结 / 96

趣味阅读 / 96

| 附 录 | / 97

附录一 无机酸、碱在水中的电离常数 / 97

附录二 无机酸、碱和盐的溶解性表 / 99

| 参考文献 | / 100

| 元素周期表 |

模块一 原子结构和元素周期律



□模块目标

1. 知道元素、同位素的涵义;
2. 理解原子核外电子的排布特点;
3. 能结合有关数据和实验事实认识元素周期律,了解原子结构与元素性质的关系;
4. 能描述元素周期表的结构,知道金属、非金属元素在元素周期表中的位置及其性质的递变规律;
5. 理解化学键的涵义,了解离子键和共价键的形成过程,并能区分离子化合物与共价化合物。



□引言

丰富多彩的物质世界是由一百多种元素组成的。元素的原子结构不同,使得不同元素具有不同的性质;组成物质的元素不同,使得物质的性质不同,用途也各异。所以,研究元素是认识化学的基础。那么,面对这么多不同的元素,我们如何认识并区分它们呢?最初,人们是依据不同元素的原子质量差别来认识它们的,当发现了原子的构成后,人们对元素有了更清楚的认识。所以,原子结构理论和元素周期律构成了近代化学的基础,促进了化学的发展。

□项目一 原子结构

任务一:原子的组成

原子由居于原子中心的带正电的原子核和核外带负电的电子构成。下面我们就来了解一下原子核和核外电子。

原子很小,但原子核又比原子小得多,它的半径约为原子半径的几万分之一,它的体积只占原子体积的几百万亿分之一。原子核由质子和中子两种粒子构成。

表 1 - 1 构成原子的粒子及其性质

构成原子的粒子	电子	原子核	
		质子	中子
电性和电量	1 个电子带 1 个单位负电荷	1 个质子带一个单位正电荷	不显电性
质量/kg	9.109×10^{-31}	1.673×10^{-27}	1.675×10^{-27}
相对质量	1/1836	1.007	1.008

从表 1 - 1 可以看出,电子带负电荷,质子带正电荷,而中子不显电性。我们又知道,原子是电中性的,不显电性。核电荷数是由质子数决定的,因此,人们得出了如下关系:

核电荷数(Z) = 核内质子数 = 核外电子数

不同种类的原子,核内的质子数不同,核外电子数也不同。电子的质量很小,所以原子的质量主要集中在原子核上。质子和中子的相对质量都近似为 1,如果忽略电子的质量,将原子核内所有的质子和中子的相对质量取近似整数值加起来所得的数值,叫做质量数,用符号 A 表示。

质量数、质子数和中子数(用符号 N 表示) 之间有下列关系:

质量数(A) = 质子数(Z) + 中子数(N)

如果用符号 ${}_Z^AX$ (X 为元素符号) 表示一个质子数为 Z、质量数为 A 的原子,则组成原子的粒子间的关系如下:

$$\text{原子}({}_Z^AX) \begin{cases} \text{原子核} \begin{cases} \text{质子 } Z \text{ 个} \\ \text{中子}(A - Z) \text{ 个} \end{cases} \\ \text{核外电子 } Z \text{ 个} \end{cases}$$

任务二:同位素及其应用

我们知道,元素是具有相同核电荷数(质子数) 的同一类原子的总称。也就是说,同种元素原子核中质子数是相同的,但中子数不一定相同。例如:

表 1 - 2 氢元素的同位素及其原子的构成

氢元素的原子核		原子名称	原子符号
质子数(Z)	中子数(N)		
1	0	氕	H
1	1	氘	H 或 D
1	2	氚	H 或 T

人们把质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称为同位素,如表 1-2 中的 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 是氢的三种同位素。许多元素都有同位素, ${}^{16}_8\text{O}$ 、 ${}^{17}_8\text{O}$ 、 ${}^{18}_8\text{O}$ 是氧的同位素; ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 、 ${}^{14}_6\text{C}$ 是碳的同位素;等等。

有些同位素具有放射性,称为放射性同位素。同位素有着广泛的应用,如通过测定 ${}^{14}_6\text{C}$ 的含量可以确定文物年代; ${}^{60}_{27}\text{Co}$ 射线可用于金属制品探伤、治疗癌症、抑制洋葱等植物发芽并延长贮存保鲜期等。

任务三: 原子的核外电子排布

在含有多个电子的原子中,电子分别在能量不同的区域内运动,我们把不同区域看成不同的电子层,并分别用 $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 或 K、L、M、N、O、P、Q 来表示从内到外的电子层。

原子中的电子处在原子核的引力场中(类似于地球上的万物处于地心的引力场中),电子总是尽可能的先从内层排起,当一层充满后再填充下一层。那么,每个电子层最多可以排布多少个电子呢?

根据原子光谱实验结果和理论分析(其中包括元素周期表的启示)的结果,人们得出了原子核外电子排布的规律。表 1-3 是核电荷数为 1~18 的元素原子的核外电子排布。

表 1-3 1~18 号元素原子的核外电子排布

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数		
			K	L	M
1	氢	H	1		
2	氦	He	2		
3	锂	Li	2	1	
4	铍	Be	2	2	
5	硼	B	2	3	
6	碳	C	2	4	
7	氮	N	2	5	
8	氧	O	2	6	
9	氟	F	2	7	
10	氖	Ne	2	8	
11	钠	Na	2	8	1

续表 1 - 3

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数		
			K	L	M
12	镁	Mg	2	8	2
13	铝	Al	2	8	3
14	硅	Si	2	8	4
15	磷	P	2	8	5
16	硫	S	2	8	6
17	氯	Cl	2	8	7
18	氩	Ar	2	8	8

从表 1 - 3 中可以看出原子的 K 层、L 层、M 层最多能排的电子数目。也不难看出，不论原子有几个电子层，其最外层电子数目最多只能有 8 个(氦原子是 2 个)。原子最外层电子层中有 8 个电子(最外层为 K 层时，最多只有 2 个电子) 的结构式相对稳定的结构。

□项目二 元素周期律和元素周期表

任务一: 元素周期律

元素的种类很多，有些元素的性质相似，有些则有很大差别。为了便于学习和研究，人们很早就开始研究各种元素间的内在联系，从事元素的分类工作。

1869 年俄国化学家门捷列夫(1834 ~ 1907) 在前人研究的基础上，以原子量作为元素分类的基础，研究发现了元素周期律，揭示了各种元素间的内在联系。为了认识元素间的这种内在联系，现在我们按核电荷数由小到大的顺序给元素编号，这种序号叫做原子序数。显然，原子序数在数值上与这种原子的核电荷数相等。表 1 - 4 列出了按原子序数编排的核电荷数为 3 ~ 18 的元素的核外电子排布以及它们的原子半径和主要化合价。

表 1 - 4 3 ~ 18 号元素的核外电子排布、原子半径、主要化合价

原子序数	3	4	5	6	7	8	9	10
元素名称(符号)	锂(Li)	铍(Be)	硼(B)	碳(C)	氮(N)	氧(O)	氟(F)	氖(Ne)
核外电子层数	2	2	2	2	2	2	2	2
最外层电子数	1	2	3	4	5	6	7	8
原子半径(10^{-10} m)	1. 52	1. 11	0. 88	0. 77	0. 70	0. 66	0. 64	1. 60

续表 1 - 4

原子序数	11	12	13	14	15	16	17	18
元素名称(符号)	钠(Na)	镁(Mg)	铝(Al)	硅(Si)	磷(P)	硫(S)	氯(Cl)	氩(Ar)
主要化合价	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4 - 4	+ 5 - 3	- 2	- 1	0
核外电子层数	3	3	3	3	3	3	3	3
最外层电子数	1	2	3	4	5	6	7	8
原子半径(10 ⁻¹⁰ m)	1. 86	1. 60	1. 43	1. 17	1. 10	1. 04	0. 99	1. 92
主要化合价	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4 - 4	+ 5 - 3	+ 6 - 2	+ 7 - 1	0

通过上表不难发现,随着原子序数的递增,元素原子的核外电子排布、原子半径和元素的主要化合价等,都呈现周期性的变化。

元素的化学性质是由元素的原子结构决定。那么,元素的金属性和非金属性是否也随着原子序数的变化呈现周期性变化呢? 下面通过实验来研究这一问题。

元素金属性的强弱,可以从它的单质与水(或酸) 反应置换出氢气的难易程度,以及它的最高价的氧化物的水化物——氢氧化物的碱性强弱来判断。

元素的非金属性的强弱,可以根据它的单质与氢气化合的难易程度以及生成气态氢化物的稳定性来判断,或者非金属元素最高价氧化物的水化物的酸性强弱来判断。

以 11 ~ 18 号元素为例进行探究:

【实验】

(1) 用镊子取黄豆粒大小钠,用滤纸吸干煤油,投入到加了水的烧杯中,观察现象,反应完毕后滴入几滴酚酞试液,观察溶液颜色的变化。

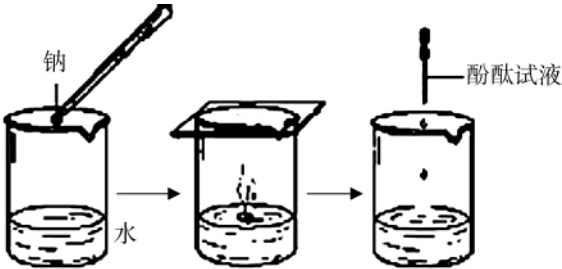
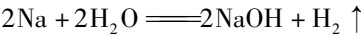


图 1 - 1 钠与水的反应

实验中,钠与水反应剧烈,产生无色气体,生成的氢氧化钠使酚酞变红。反应方程式如下:



(2) 取一段用砂纸打磨光亮的镁带放入试管中。向试管中加入 2mL 冷水,并滴入 2

滴酚酞溶液。观察现象。过一会儿加热试管至水沸腾。观察现象。

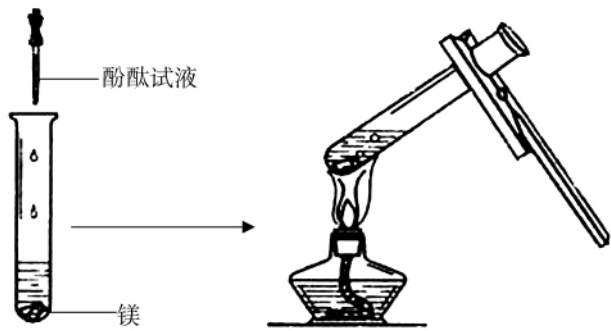
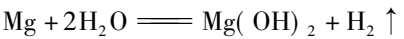


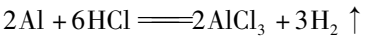
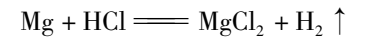
图 1-2 镁与水的反应

实验表明,镁不易和冷水反应,但加热时与沸水反应,产生大量气泡。反应后的溶液能使酚酞试液变红。反应方程式如下:



(3) 取一小段镁带和一小片铝,用砂纸磨去它们表面的氧化膜,分别放入 2 支试管,再各加入 2 mL1mol/L 的盐酸。观察实验现象。

实验表明,镁、铝都能与盐酸反应,置换出氢气,但铝和盐酸的反应不如镁和盐酸的反应剧烈,说明铝的金属活性不如镁强。反应方程式如下:



此外,对金属铝的氧化物及其水化物氢氧化铝 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的研究表明,氧化铝和氢氧化铝都能与酸反应生成盐和水;同时也都能与强碱反应生成盐和水。像 Al_2O_3 这样既能与酸反应生成盐和水,又能与碱反应生成盐和水的氧化物叫做两性氧化物。像 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 这样既能与酸反应生成盐和水,又能与碱反应生成盐和水的氧化物叫做两性氢氧化物。 Al_2O_3 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 呈现两性,说明铝虽然是金属,但却表现出一定的非金属性。

根据上述信息,完成下表:

表 1-5 11~13 号元素的金属性变化情况

	Na	Mg	Al
单质与水(或酸)反应	与水反应剧烈,放出氢气	与水反应缓慢,与沸水反应迅速,放出氢气;与酸反应剧烈,放出氢气	与酸反应放出氢气
	反应难易程度:由_____到_____		
最高价氧化物对应的水化物(氢氧化物)	NaOH 强碱	$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 中强碱	$\text{Al}(\text{OH})_3$ 两性氢氧化物
	碱性强弱:由_____到_____		