

全国 **食品药品** 职业教育教学指导委员会推荐教材

全国医药中等职业教育药学类规划教材

药学类
规划教材

QUANGUO YIYAO ZHONGDENG ZHIYE JIAOYU YAOXUELEI GUIHUA JIAOCAI

药用化学基础(一) ——无机化学

Yao Yong Hua Xue Ji Chu Wu Ji Hua Xue

主编 张雪昀

中国医药科技出版社

全国食品药品职业教育教学指导委员会推荐教材
全国医药中等职业教育药学类规划教材

药用化学基础 (一)

——无机化学

主 编◎张雪昀



中国医药科技出版社

内 容 提 要

本教材是全国医药中等职业教育药学类规划教材之一,内容为无机化学。本书分为理论知识和实验两大部分,理论知识部分分为七个单元,分别为走进物质的微观世界、搭建微观与宏观的桥梁、知晓溶液的基本知识、探索化学反应的基本规律、解悟电解质溶液的奥妙、认识一类复杂化合物、浏览丰富多彩的无机物。教材内容紧密联系医药行业实际,穿插了一些内容精致并与药学或日常生活联系紧密的知识链接,旨在拓展学生的视野,增强趣味性。全书叙述浅显明了,图文并茂。本教材主要供医药中等职业学校药学专业使用,亦可作为药品行业职工继续教育和培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

药用化学基础1,无机化学/张雪昀主编. —北京:中国医药科技出版社,2011.5
全国医药中等职业教育药学类规划教材
ISBN 978-7-5067-4974-9

I. ①药… II. ①张… III. ①药物化学:无机化学-中等专业学校-教材
IV. ①R914

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第056469号

美术编辑 陈君杞

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行:010-62227427 邮购:010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 10 $\frac{1}{4}$

彩插 1

字数 202千字

版次 2011年5月第1版

印次 2014年1月第4次印刷

印刷 廊坊市广阳区九洲印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-4974-9

定价 20.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

全国医药中等职业教育药学类规划教材建设委员会

主任委员 张耀华 (国家食品药品监督管理局)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

王书林 (四川省食品药品学校)

石洪林 (江苏省常州技师学院)

左淑芬 (河南省医药学校)

阳 欢 (江西省医药学校)

陈铭奋 (广州市医药职业学校)

陆国民 (上海市医药学校)

唐国立 (北京市宣武区第二职业学校)

胡 斌 (湖南食品药品职业学院)

程一波 (广西卫生职业技术学院)

温博栋 (广东省食品药品职业技术学校)

缪立德 (湖北省医药学校)

臧文武 (安徽省医药技工学校)

秘 书 长 吴少楨 (中国医药科技出版社)

(按姓氏笔画排序)

于艳艳 (山东药品食品职业学院)

王建新 (河南省医药学校)

石 磊 (江西省医药学校)

甘湘宁 (湖南食品药品职业学院)

卢秀萍 (北京市宣武区第二职业学校)

孙永霞 (江苏省常州技师学院)

李德武 (湖北省医药学校)

劳影秀 (广州市医药职业学校)

虎松艳 (广东省食品药品职业技术学校)

周小雅 (广西卫生职业技术学院)

侯 波 (安徽省医药技工学校)

徐学泉 (上海市医药学校)

程 敏 (四川省食品药品学校)

办 公 室 浩云涛 赵燕宜

编 委 会

- 主 编** 张雪昀 (湖南食品药品职业学院)
副主编 胡冬梅 (山东药品食品职业学院)
编 委 (以姓氏笔画为序)
申扬帆 (湖南食品药品职业学院)
许秋香 (广东省食品药品职业技术学校)
李招群 (江西省医药学校)
张 萍 (北京市宣武区第二职业学校)
张雪昀 (湖南食品药品职业学院)
胡冬梅 (山东药品食品职业学院)
倪 汀 (江苏省常州技师学院)
郭 琳 (北京市宣武区第二职业学校)
揭建明 (湖北省医药学校)

出版说明

《全国医药中等职业教育药学类规划教材》是由“全国医药中等职业教育药学类规划教材建设委员会”统一组织规划并实施的全国唯一的中职类行业规划教材。“全国医药中等职业教育药学类规划教材建设委员会”由国家食品药品监督管理局组织全国十几所中等医药学校的校长、副校长和中等职业教育专家组建而成；本套规划教材就是在该委员会的直接指导下建设的。

本套教材的主要编写依据是：①《国家中长期教育改革和发展规划纲要》相关精神。②《中等职业教育改革创新行动计划（2010~2012）》中关于大力发展职业教育的指示精神。③教育部《中等职业学校专业目录（2010年修订）》的要求。④医药行业技能型人才的需求情况。

教材建设是深化中等职业教育改革的重要内容之一，也是学校全面建设的一项核心内容。国家教育部在《中等职业教育改革创新行动计划（2010~2012）》的总体思路中明确指出，当前要“全面推动中等职业教育随着经济增长方式转变“动”，跟着产业结构调整升级“走”，围绕企业人才需要“转”，适应社会 and 市场需求“变”；着力推进教育与产业、学校与企业、专业设置与职业岗位、教材内容与职业标准的深度对接”。鉴于此，本套教材的具体编写原则为：①科学的反映专业知识的系统性，涵盖教学大纲所强调的知识点，观点要明确、简练、具体、实用、够用。②根据中职教育特点，教材内容包括基本知识、实训实践、趣味学习、职业对接、知识链接等。③根据中职学生年龄轻，青春期思想活跃等特点，多使用图表的形式直接表述，以提高学生的学习兴趣和加强学生的主动参与意识，从而达到学习掌握知识的目的。本套教材首批建设科目按文化基础模块群（5个科目）、技能基础模块群（16个科目）、职业技能模块群（9个科目）分类，共计30个科目（附表）。

教材建设是一项长期而艰巨的系统工程，它还需要接受教学实践的检验。为此，恳请各学校专家、一线教师和学生关注本套教材，及时提出宝贵意见，以便我们进一步的修订。

附表

1	医药应用文读写	16	中药化学基础
2	数学	17	中药学基础
3	医药数理统计	18	中成药商品学
4	医药计算机基础及应用	19	医药商品学
5	医药英语	20	仪器分析概论
6	药事法规概论 [*]	21	制药设备概论
7	药用化学基础（一）——无机化学	22	药物制剂技术
8	药用化学基础（二）——有机化学	23	药物分析技术
9	分析化学基础	24	医药市场营销技术
10	生物化学基础	25	药品储存与养护技术
11	应用药理基础	26	中药鉴定技术
12	医学基础	27	中药炮制技术
13	微生物与寄生虫基础	28	中药制剂技术
14	药用植物学基础	29	中药材 GAP 实用技术
15	中医基础	30	中药调剂技术

全国医药中等职业教育药学类规划教材建设委员会
2011年4月26日

本教材按照全国医药中等职业教育药学类规划教材建设方案的要求,结合中等职业教育药学类专业的特点和医药行业对从业人员的知识、技能结构的要求,考虑现阶段中等职业教育学生的认知水平和理解能力,吸收近年来药学类中等职业教育化学教学改革的新成果编写而成。教材重点讲述基础理论、基本知识和基本技能。在内容的选取和编排上努力提高教材的“思想性、科学性、启发性、先进性和实用性”。

本教材是在原有的无机化学课程体系基础上,按现阶段中等职业教育学生的认知规律和药学类专业学习的需要重新整合编排教学内容。在与初中化学衔接的基础上,教材内容紧密联系医药行业实际,穿插了一些内容精致并与药学或日常生活联系紧密的知识链接,旨在拓展学生的视野,增强趣味性,诱发和提高学生的学习兴趣。教学内容设计方面,每节都以“学习目标”为开始,“目标检验”为结尾,适当配以“趣味学习”或“知识链接”。

本教材努力体现以下特点。

1. 以认知规律为主线,将相关内容进行了模块整合。
2. 充分体现“药用”二字,药学类专业特色鲜明。各单元中都尽量选用与医药行业有关的案例、例题或知识链接。
3. 充分体现“基础”二字,中等职业教育和服务药学类专业的特色鲜明。以必需、够用为宗旨,适当减少了纯理论性的内容,增加了实践操作技能和理论应用性方面的知识,突出职业技能特点,以满足学生后续专业知识学习和技能训练的需要。

本教材在编写过程中参考了大量的文献资料,可以说是在前人基础上的再创作。在此,对本书所引用文献资料的原作者表示衷心的感谢。

在编写过程中,还得到了山东药品食品职业学院、广东省食品药品职业技术学校、江西省医药学校、北京市宣武区第二职业学校、江苏省常州技师学院、湖北省医药学校、湖南食品药品职业学院等学校领导的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,不足之处在所难免,恳请广大师生批评指正。

编者

2011年3月

第一单元 走进物质的微观世界 / 1

第一节 原子结构	(1)
一、原子的组成	(1)
二、同位素	(2)
三、原子核外电子的排布	(4)
四、原子结构与元素性质的关系	(5)
第二节 元素周期律与元素周期表	(7)
一、元素周期律	(7)
二、元素周期表	(8)
三、元素周期表的应用	(10)
第三节 化学键	(12)
一、离子键	(13)
二、共价键	(14)
第四节 分子间作用力	(16)
一、分子的极性	(16)
二、分子间作用力	(17)
三、氢键	(17)

第二单元 搭建微观与宏观的桥梁 / 21

第一节 物质的量	(21)
一、物质的量及其单位——摩尔	(21)
二、摩尔质量	(23)
三、有关物质的量的计算	(24)
第二节 气体摩尔体积	(28)
一、摩尔体积	(29)
二、气体摩尔体积	(29)

第三单元 知晓溶液的基本知识 / 31

第一节 溶液的基本概念	(31)
-------------------	------



一、溶液的组成	(31)
二、溶解过程	(32)
三、溶解度	(33)
四、溶解度的应用	(33)
第二节 溶液浓度的表示方法	(36)
一、物质的量浓度	(36)
二、质量浓度	(37)
三、质量分数	(37)
四、体积分数	(38)
第三节 溶液浓度的换算、溶液的配制和稀释	(39)
一、溶液浓度的换算	(39)
二、溶液的配制和稀释	(40)
第四节 溶液的渗透压	(44)
一、渗透现象和渗透压	(44)
二、渗透压与渗透浓度的关系	(46)
三、低渗、等渗和高渗溶液	(46)

第四单元 探索化学反应的基本规律 / 48

第一节 化学反应速率	(48)
一、化学反应速率	(48)
二、影响化学反应速率的因素	(49)
第二节 化学平衡	(51)
一、可逆反应和化学平衡	(52)
二、化学平衡常数	(52)
三、化学平衡的移动	(53)
第三节 氧化还原反应	(57)
一、氧化还原反应	(58)
二、氧化剂和还原剂	(58)

第五单元 解悟电解质溶液的奥妙 / 62

第一节 弱电解质的电离平衡	(62)
一、强电解质和弱电解质	(62)
二、弱电解质的电离平衡	(63)
三、同离子效应	(66)
第二节 酸碱理论简介	(67)
一、酸碱电离理论简介	(68)
二、酸碱质子理论简介	(68)

第三节 水的电离和溶液的 pH	(70)
一、水的电离平衡	(70)
二、溶液的酸碱性和 pH	(71)
三、酸碱指示剂	(73)
第四节 盐类水溶液的酸碱性	(76)
一、盐类的水解	(76)
二、盐的分类与盐溶液的酸碱性	(77)
三、影响盐类水解的因素	(79)
第五节 缓冲溶液	(81)
一、缓冲溶液的概念	(81)
二、缓冲溶液的组成	(82)
三、缓冲作用原理	(82)
四、缓冲溶液的配制	(83)
五、缓冲溶液在医药上的应用	(83)

▶ 第六单元 认识一类复杂化合物 / 85

第一节 配合物的基本概念	(85)
一、配合物的定义	(85)
二、配合物的组成	(86)
三、配合物的命名	(87)
第二节 螯合物	(89)
一、螯合物的定义	(89)
二、螯合物的形成条件	(90)

▶ 第七单元 浏览丰富多彩的无机物 / 92

第一节 常见非金属单质及其化合物	(92)
一、卤素及其化合物	(93)
二、氧、硫及其化合物	(96)
三、氮、磷、砷及其化合物	(102)
四、碳、硅、铅及其化合物	(106)
五、硼的重要化合物	(108)
第二节 常见金属单质及其化合物	(110)
一、金属的一般通性	(110)
二、碱金属及其化合物	(111)
三、铅、铝的重要化合物	(113)
四、铜、银、锌、汞、铁及其化合物	(114)



实验部分 / 120

实验室规则	(120)
实验常用仪器简介	(121)
实验一 无机化学实验基本操作	(127)
实验二 溶液的配制和稀释	(135)
实验三 化学反应速率和化学平衡	(137)
实验四 电解质溶液和同离子效应	(140)
实验五 缓冲溶液	(141)
实验六 几种重要阴离子的检验	(143)
实验七 几种阳离子的检验	(144)
实验八 实验技能测试	(146)

附录 / 147

一、常用计量单位换算	(147)
二、部分无机酸、碱在水中的电离常数 (298.15K)	(147)
三、常用缓冲溶液的配制	(148)
四、常见盐类和氢氧化物在水中的溶解度	(149)



第一单元 走进物质的微观世界

大自然展现在我们面前的是一个千变万化、绚丽多姿的宏观世界。宏观世界是由数以万计的各种不同物质构成的，那么这些物质又是由什么组成的呢？让我们走进物质的微观世界，去探索物质的微观结构吧。

第一节 原子结构

学习目标

1. 知道原子的组成，原子的质子数、中子数、核外电子数以及质量数之间的关系；
2. 理解元素、同位素的概念；
3. 会写1~20号元素原子电子的分布以及原子结构示意图；
4. 会用原子结构与元素性质的关系解决有关问题。

物质间能否发生化学反应主要由物质的性质决定。物质的性质则取决于分子或原子的结构，而分子也是由原子组成的，因此，要研究一个化学反应或物质的性质，就必须先深入了解原子的内部结构。本节在初中化学知识的基础上，进一步学习原子结构的有关知识。

一、原子的组成

我们知道，原子是化学变化中的基本微粒，但原子又是由什么微粒组成的呢？长期以来人们一直在探索这个问题。1897年英国物理学家汤姆逊发现了阴极射线，证明了电子的存在，电子是原子的一部分，带有负电。1911年另一位英国物理学家卢瑟福用 α 粒子轰击原子，确定了原子核的存在，提出了原子的天体模型。每一个原子的中心都有一个带正电荷的原子核，核外有若干电子绕核高速旋转。核外电子数取决于原子核带的正电荷数。20世纪初，实现了人工的核裂变，发现了原子核是由质子和中子组成的。质子带一个单位正电荷，电子带一个单位负电荷，中子不带电。

原子是一种电中性的微粒（其直径约为 10^{-10} m），是由一个带若干（ Z 个）正电荷的原子核和带若干（ Z 个）负电荷的电子组成的；原子核是由 Z 个质子和若干（ N



个) 中子组成的紧密结合体, 其直径不及原子直径的万分之一; 电子的直径更小。可见原子核和电子仅占原子体积的几千亿分之一, 原子内部绝大部分是“空着的”。对于一个原子来说:

$$\text{核电荷数}(Z) = \text{核内质子数}(Z) = \text{核外电子数}$$

电子的质量为 $9.1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 质子的质量为电子的 1836 倍。所以, 原子的质量几乎集中在原子核上。质子、中子的质量也很小, 通常用它们的相对质量进行计算。作为相对原子质量标准的 ^{12}C 原子的质量是 $1.9927 \times 10^{-26} \text{ kg}$, 它的 $1/12$ 是 $1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 。质子和中子对它的相对质量分别为 1.007 和 1.008, 取近似整数值为 1。若忽略电子的质量, 把一个原子的原子核内所有的质子和中子的相对质量取整数相加, 所得的数值称为该原子的相对质量数, 简称质量数, 用符号 A 表示。即:

$$\text{原子的质量数}(A) = \text{质子数}(Z) + \text{中子数}(N)$$

因此, 只要知道上述三个数值中的任意两个, 就可以推算出另一个数值来。例如, 氧原子的核电荷数为 8, 质量数为 16, 则氧原子的中子数为 8。

综上所述, 如以 ${}^A_Z X$ 代表一个质量数为 A 、质子数为 Z 的原子, 则组成原子的粒子间的关系如下:

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

二、同位素

具有相同质子数的同一类原子总称为元素。同一种元素的不同原子的质子数是相同的, 但中子数不一定相同。如氢元素就有三种不同的原子, 见表 1-1。这种质子数相同而中子数不同的同一种元素的不同原子, 在元素周期表中处于同一位置互称为同位素。

表 1-1 氢的同位素

同位素	符号	名称	质量数	质子数	中子数	电子数
氢 ${}^1_1\text{H}$	H	氕	1	1	0	1
重氢 ${}^2_1\text{H}$	D	氘	2	1	1	1
超重氢 ${}^3_1\text{H}$	T	氚	3	1	2	1

大多数的元素都有两种或两种以上的同位素。例如, 碳元素有 ^{12}C 、 ^{13}C 和 ^{14}C 等几种同位素。除了三种氢的同位素有特定的名称外其他都没有特定的名称, 都以 ${}^A X$ 来表示。

同位素分为稳定同位素 (如氕、氘、 ^{12}C 、 ^{13}C 等) 和放射性同位素 (如氚、 ^{14}C 、 ^{131}I 、 ^{60}Co 等)。放射性同位素能自发不断地放出一些不可见的射线 (如 α 、 β 、 γ 射线), 它们在医药、工农业、科研和国防等方面有着广泛的应用。例如在医药上, 碘 [^{131}I] 用于甲状腺功能测定、甲状腺扫描, 也用于治疗甲状腺功能亢进、甲状腺癌转移、顽固

心绞痛；钴 [^{58}Co] 用于恶性贫血的诊断；钴 [^{60}Co] 或镭 [^{226}Ra] 用于对肿瘤进行放射性治疗；利用放射性同位素作为示踪原子，可以研究药物的作用机制、药物的吸收和代谢等。

放射性同位素除了天然存在的以外，还可以通过人工的方法制造出许多放射性同位素，又称为人造放射性同位素。

同种元素的各种同位素虽然质量数不同，但它们在周期表中占据同一位置，其化学性质几乎完全相同。在天然存在的某种元素里，不论是游离态（单质）还是化合态，各种同位素原子所占百分比一般是不变的。通常使用的元素相对原子质量，是按各种天然同位素所占的百分比算出来的平均值。例如，天然存在的氯元素有两种同位素：

^{35}Cl 原子的相对质量是 34.969 百分含量是 75.77%

^{37}Cl 原子的相对质量是 36.966 百分含量是 24.23%

所以氯元素的相对原子质量为：

$$34.969 \times 75.77\% + 36.966 \times 24.23\% \approx 35.453$$

利用同位素的质量数及各种天然同位素的百分含量也能计算出该元素的近似相对原子质量。



知识链接

放射性同位素在医学上的应用

放射性同位素在医学上的应用已极为广泛，如碘的同位素 ^{131}I 甲状腺吸碘试验、同位素肾图、碘玫瑰红钠肝功能测定，心放射图和肺放射图等可以对相应脏器进行功能测定。铬的同位素 ^{51}Cr 能测定人的血容量、胃肠道出血量以及血红细胞寿命等。

放射性同位素造影术利用同位素药物分布在各脏器或组织浓度的不同，可以通过对心、肝、脾、肺、肾、脑、甲状腺和骨骼等进行静态或动态扫描，了解各种脏器的形态和大小，并能发现肿瘤。而且放射扫描检查病变是一种比较简单，无创伤，无痛苦，阳性符合率又较高的方法之一，所以深受欢迎。

对于内脏器官上的癌细胞，用适度的射线剂量对准癌细胞的巢穴进行适当的照射，可以做到只杀死癌细胞，而对其周围的正常组织不会造成伤害或少受伤害。也可以手术切除为主，手术后再用适度的射线剂量进行照射，以杀死残余的癌细胞，根除癌症。

利用放射性同位素发出的射线灭菌，是射线杀伤力的一种最直接的利用。手术时缝合伤口用的缝线、肠壁缝合线、塑料制的一次性医疗器具、插入支气管用的探针导管、手术用的橡皮手套、取血用的采血小板、放入子宫的避孕环、人工肾脏透视器等等，都采用射线消毒技术。射线消毒技术的消毒设施很简单，里面装

有强度很大的 ^{60}Co 放射源,其周围装有传送带装置,靠着传送带的不断移动,需要消毒的物品缓慢通过 ^{60}Co 源的旁边,就可以达到灭菌的目的。

利用放射性同位素放出射线的能量来产生电能的“核电池”,可为心脏起搏器提供动力。至今,世界上已有很多人使用了核电池心脏起搏器。

总之,放射性同位素在医学上的应用为保护人类健康做出了巨大贡献。

三、原子核外电子的排布

1. 核外电子的分层排布

在含有多个电子的原子中,电子的能量并不相同,能量低的电子通常在离核较近的区域运动,能量高的电子通常在离核较远的区域运动。为了区分在不同区域运动的电子,将能量相近的划为一层,称为电子层,用符号 n 表示。电子层按能量由低到高(离核由近到远),依次称为第1电子层($n=1$)、第2电子层($n=2$)、……一直到第7电子层($n=7$)。习惯上也分别称为K、L、M、N、O、P、Q层等。

2. 核外电子的排布规律

原子核外电子的排布规律如下。

(1) 电子是按能量由低到高在核外由近及远分层排布。即核外电子先排第1电子层,排满后再排第2电子层,依此类推。

(2) 每一电子层最多容纳的电子数是 $2n^2$ (n 代表电子层数)。即第1电子层最多容纳2个电子,第2电子层最多容纳8个电子,第3电子层最多容纳18个电子,依此类推。

(3) 最外层电子数不超过8(K层为最外层时,电子数不超过2);次外层电子数不超过18;倒数第三层电子数不超过32。

(4) 当最外层电子数达到8(K层为2)时,就达到了稳定结构。

表1-2列出了1~20号元素原子的电子层排布情况。

表1-2 1~20号元素原子的电子层排布

核电荷数	元素符号	电 子 层			
		K	L	M	N
1	H	1			
2	He	2			
3	Li	2	1		
4	Be	2	2		
5	B	2	3		
6	C	2	4		
7	N	2	5		
8	O	2	6		
9	F	2	7		
10	Ne	2	8		

续表

核电荷数	元素符号	电子层			
		K	L	M	N
11	Na	2	8	1	
12	Mg	2	8	2	
13	Al	2	8	3	
14	Si	2	8	4	
15	P	2	8	5	
16	S	2	8	6	
17	Cl	2	8	7	
18	Ar	2	8	8	
19	K	2	8	8	1
20	Ca	2	8	8	2

3. 核外电子排布的代表方法

化学上有多种方式表示核外电子的排布情况,最简单的是原子结构示意图。原子结构示意图用小圆圈加数字表示原子核及核内质子数,弧线表示电子层,弧线上的数字表示该电子层上的电子数。知道原子的核外电子数和电子层分布以后,我们就可以画出原子结构示意图。表1-3列出了1~20号元素的原子结构示意图。

表1-3 1~20号元素的原子结构

${}_1\text{H}$							${}_2\text{He}$
${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$
${}_{11}\text{Na}$	${}_{12}\text{Mg}$	${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$	${}_{18}\text{Ar}$
${}_{19}\text{K}$	${}_{20}\text{Ca}$						

四、原子结构与元素性质的关系

元素的化学性质主要是由原子的最外层电子决定的,稀有气体元素的原子最外层