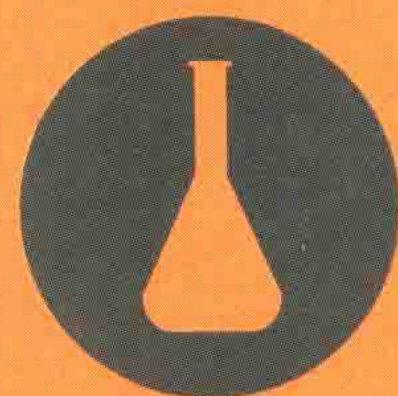




高等教育医药类专业  
化学基础课“十三五”规划教材



药学类及  
医学检验专业用

# 无机化学

(第三版)

主编 张乐华

高等教育出版社



高等教育医药

“三五”规划教材

# 无机化学

(第三版)

药学类及医学检验专业用

主编 张乐华

编者 (按编写章节顺序排列)

张乐华	燕小梅	赵 光
孙 革	黄双路	王美玲
黄 静	李光植	徐黔江
乔 洁	高 静	曹海燕
叶国东	冯宁川	于海辉
林 晓		

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材的修订版。

全书共分15章,1~11章是无机化学基础理论部分,12~15章是元素化学部分,各章之后均配有思考题和习题。全书采用中华人民共和国法定计量单位。

本书可作为高等医药院校药学专业和医学检验专业的本科教材,也可供相关人员学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

无机化学 / 张乐华主编. — 3版. — 北京: 高等教育出版社, 2017.6

药学类及医学检验专业用

ISBN 978-7-04-047812-9

I. ①无… II. ①张… III. ①无机化学—医药院校—教材 IV. ①O61

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第121438号

Wuji Huaxue

策划编辑 郭新华

责任编辑 郭新华

封面设计 张志奇

版式设计 马敬茹

责任校对 刘娟娟

责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印 刷 高教社(天津)印务有限公司  
开 本 787mm×960mm 1/16  
印 张 30.25  
字 数 550千字  
插 页 1  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>  
<http://www.hepmall.com>  
<http://www.hepmall.cn>  
版 次 2008年6月第1版  
2017年6月第3版  
印 次 2017年6月第1次印刷  
定 价 57.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 47812-00

## 第三版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材的修订版。本书第一版于2004年出版发行,在2008年进行了第一次修订,经过多所高等医药院校药学专业和医学检验专业多年的使用,取得了良好的教学效果。

为了推进高等医药院校的教材建设与改革,在积极吸取各院校药学专业取得的教学成果的基础上,根据我们使用本书第二版进行教学的经验体会和发现的新问题,在认真征求各兄弟院校对教材修改意见的基础上,并充分吸收国内外同类教材的长处,我们对第二版教材进行了修订,对教材中某些内容进行了重写与更新。修订重点在于更加凸显无机化学与药学的联系及应用。在本书的元素部分增加了一些元素的生物学效应并更新了一些常用药物。

全书共分为十五章,第一章至第十一章为无机化学基础理论部分,第十二章至第十五章为元素化学部分。授课参考学时数为90左右。在使用本教材时,各院校可根据具体情况,在保证课程基本要求的前提下对内容斟酌取舍。本书的编写顺序只供参考,任课教师可根据需要自行调整。

为了方便广大师生的教与学,我们还同时编写了本教材的电子教案与习题解答。

参加本次修订工作的人员有:哈尔滨医科大学张乐华(绪论)、大连医科大学燕小梅(第一章)、首都医科大学赵光(第二章)、齐齐哈尔医学院孙革(第三章)、福建医科大学黄双路(第四章)、内蒙古医科大学王美玲(第五章)、哈尔滨医科大学黄静(第六章)、佳木斯大学李光植(第七章)、贵州医科大学徐黔江(第八章)、山西医科大学乔洁(第九章)、牡丹江医学院高静(第十章)、天津医科大学曹海燕(第十一章)、广州医科大学叶国东(第十二章)、宁夏医科大学冯宁川(第十三章)、东北电力大学于海辉(第十四章)、嘉应学院林晓(第十五章)。

本书第一版与第二版的主编徐春祥教授和其他一些编者,由于种种原因,没有参加本次修订工作,在此对参加过本书编写工作的各位老师、编辑和审稿专家表示衷心的感谢!向对本书前两版提出过意见和建议的老师、同学和各界人士,表示衷心的感谢!本书在修订过程中,参考了许多国内外教材和著作,并借鉴了许多有益的内容,在此向有关的作者和出版社表示衷心的感谢!

因编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请专家和同行及各位读者批评指正,以便进一步修订完善。

编者

2016年12月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

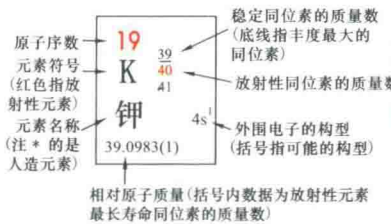
高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120



# 元素周期表

族	I																18	电子层	18族		
周期	IA																0		电子数		
1	1 H 氢 1.008 1s <sup>1</sup>	2																2 He 氦 4.002602(2) 1s <sup>2</sup>			
2	3 Li 锂 6.94 2s <sup>1</sup>	4 Be 铍 9.012182(3) 2s <sup>2</sup>	IIA																10 Ne 氖 20.1797(6) 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>		
3	11 Na 钠 22.98976928(2) 3s <sup>1</sup>	12 Mg 镁 24.3050(6) 3s <sup>2</sup>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 铝 26.9815386(8) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	14 Si 硅 28.085 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	15 P 磷 30.973762(2) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	16 S 硫 32.06 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	17 Cl 氯 35.45 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	18 Ar 氩 39.948(1) 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>			
4	19 K 钾 39.0983(1) 4s <sup>1</sup>	20 Ca 钙 40.078(4) 4s <sup>2</sup>	21 Sc 钪 44.955912(6) 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	22 Ti 钛 47.867(1) 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	23 V 钒 50.9415(1) 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	24 Cr 铬 51.9961(6) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	25 Mn 锰 54.938045(5) 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	26 Fe 铁 55.845(2) 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	27 Co 钴 58.933195(5) 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	28 Ni 镍 58.6934(4) 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	29 Cu 铜 63.546(3) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	30 Zn 锌 65.38(2) 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	31 Ga 镓 69.723(1) 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	32 Ge 锗 72.62(1) 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	33 As 砷 74.92160(2) 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	34 Se 硒 78.96(3) 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	35 Br 溴 79.904(1) 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	36 Kr 氪 83.798(2) 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>			
5	37 Rb 铷 85.4678(3) 5s <sup>1</sup>	38 Sr 锶 87.62(1) 5s <sup>2</sup>	39 Y 钇 88.90585(2) 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	40 Zr 锆 91.224(2) 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	41 Nb 铌 92.90638(2) 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>	42 Mo 钼 95.96(2) 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	43 Tc 锝 (98) 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup>	44 Ru 钌 101.07(2) 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	45 Rh 铑 102.90550(2) 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	46 Pd 钯 106.42(1) 4d <sup>10</sup>	47 Ag 银 107.8682(2) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>	48 Cd 镉 112.411(8) 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	49 In 铟 114.818(3) 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>	50 Sn 锡 118.710(7) 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>	51 Sb 锑 121.760(1) 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>	52 Te 碲 127.60(3) 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>	53 I 碘 126.90447(3) 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>	54 Xe 氙 131.293(6) 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>			
6	55 Cs 铯 132.9054519(2) 6s <sup>1</sup>	56 Ba 钡 137.327(7) 6s <sup>2</sup>	57-71 La-Lu 镧系 178.49(2)	72 Hf 铪 178.49(2) 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	73 Ta 钽 180.94788(2) 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	74 W 钨 183.84(1) 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	75 Re 铼 186.207(1) 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	76 Os 锇 190.23(3) 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	77 Ir 铱 192.217(3) 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	78 Pt 铂 195.084(9) 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup>	79 Au 金 196.966569(4) 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>	80 Hg 汞 200.59(2) 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	81 Tl 铊 204.38 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>	82 Pb 铅 207.2(1) 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>	83 Bi 铋 208.98040(1) 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>	84 Po 钋 (209) 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>	85 At 砹 (210) 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup>	86 Rn 氡 (222) 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>			
7	87 Fr 钫 (223) 7s <sup>1</sup>	88 Ra 镭 (226) 7s <sup>2</sup>	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 𨭎 (265) (6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> )	105 Db 𨭏 (268) (6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> )	106 Sg 𨭐 (271) (6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> )	107 Bh 𨭑 (270) (6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> )	108 Hs 𨭒 (277) (6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> )	109 Mt 𨭓 (276) (6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> )	110 Ds 𨭔 (281) (6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup> )	111 Rg 𨭕 (280) (6d <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup> )	112 Cn 𨭖 (285) (6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> )	113 Uut 𨭗 (284) *	114 Fl 𨭘 (289) *	115 Uup 𨭙 (288) *	116 Lv 𨭚 (293) *	118 Uuo 𨭛 (294) *				



注:  
1. 相对原子质量参考自2009年国际相对原子质量表,以<sup>12</sup>C=12为基准,元素的相对原子质量末位数的准确度加注在其后括弧内。  
2. 商品Li的相对原子质量范围为6.939-6.996。  
3. 稳定元素列有天然丰度的同位素;天然放射性元素和人造元素同位素的选列与国际相对原子质量表的有关文献一致。

镧系	57 La 镧 138.90547(7) 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	58 Ce 铈 140.116(1) 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	59 Pr 镨 140.90765(2) 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	60 Nd 钕 144.242(3) 4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	61 Pm 钷 (145) 4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	62 Sm 钐 150.36(2) 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	63 Eu 铕 151.964(1) 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	64 Gd 钆 157.25(3) 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	65 Tb 铽 158.92535(2) 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	66 Dy 镝 162.500(1) 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	67 Ho 铈 164.93032(2) 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	68 Er 铒 167.259(3) 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	69 Tm 铥 168.93421(2) 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	70 Yb 镱 173.054(5) 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	71 Lu 镥 174.9668(1) 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
锕系	89 Ac 锕 (227) 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	90 Th 钍 232.03806(2) 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	91 Pa 镤 231.03588(2) 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	92 U 铀 238.02891(3) 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	93 Np 镎 (237) 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	94 Pu 钚 (244) 5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	95 Am 镅 (243) 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	96 Cm 锔 (247) 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	97 Bk 锫 (247) 5f <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup>	98 Cf 锿 (251) 5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup>	99 Es 镱 (252) 5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup>	100 Fm 镆 (257) 5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup>	101 Md 镎 (258) 5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup>	102 No 锘 (259) 5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup>	103 Lr 铹 (262) 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>

# 目 录

绪论 .....	1	一、反应进度 .....	30
一、无机化学与药学的关系 .....	1	二、热力学标准状态 .....	32
二、无机化学的学习方法 .....	2	三、化学反应的摩尔热力学能变 和摩尔焓变 .....	32
三、物理量的表示与运算 .....	3	四、热化学方程式 .....	34
<b>第一章 溶液</b> .....	<b>6</b>	五、赫斯定律 .....	35
<b>第一节 混合物和溶液的组成</b>		六、化学反应的标准摩尔焓变的 计算 .....	36
标度 .....	6	<b>第三节 热力学第二定律</b> .....	<b>42</b>
一、B 的质量分数 .....	6	一、自发过程 .....	43
二、B 的体积分数 .....	6	二、影响化学反应方向的因素 .....	43
三、B 的质量浓度 .....	7	三、热力学第二定律的数学 表达式 .....	46
四、B 的分子浓度 .....	7	<b>第四节 化学反应的摩尔吉布斯     自由能变</b> .....	<b>46*</b>
五、B 的浓度 .....	8	一、利用吉布斯自由能变判断 化学反应的方向 .....	46
六、B 的摩尔分数 .....	9	二、化学反应的摩尔吉布斯自由 能变的计算 .....	47
七、溶质 B 的质量摩尔浓度 .....	9	三、温度对化学反应的摩尔吉布 斯自由能变的影响 .....	52
<b>第二节 稀溶液的通性</b> .....	<b>10</b>	<b>第五节 热力学在生物化学中     的应用</b> .....	<b>54</b>
一、液体的蒸气压 .....	10	一、生化标准状态 .....	54
二、难挥发非电解质稀溶液的 蒸气压下降 .....	11	二、生物体内的耦合反应 .....	55
三、难挥发非电解质稀溶液的 沸点升高 .....	12	思考题 .....	56
四、难挥发非电解质稀溶液的 凝固点降低 .....	13	习题 .....	57
五、稀溶液的渗透压力 .....	15	<b>第三章 化学平衡</b> .....	<b>61</b>
思考题 .....	22	<b>第一节 可逆反应与化学     平衡</b> .....	<b>61</b>
习题 .....	23	一、可逆反应 .....	61
<b>第二章 化学热力学基础</b> .....	<b>25</b>		
<b>第一节 热力学第一定律</b> .....	<b>25</b>		
一、热力学的一些基本概念 .....	25		
二、热力学第一定律 .....	27		
三、焓 .....	29		
<b>第二节 热化学</b> .....	<b>30</b>		



## II 目录

二、化学平衡 .....	62	二、阿伦尼乌斯方程 .....	88
第二节 标准平衡常数 .....	63	第四节 催化剂对化学反应	
一、标准平衡常数的定义 .....	63	速率的影响 .....	90
二、标准平衡常数表达式 .....	64	一、催化剂与催化作用 .....	90
第三节 标准平衡常数的测定		二、酶的催化作用 .....	92
与计算 .....	65	思考题 .....	92
一、标准平衡常数的测定 .....	65	习题 .....	94
二、标准平衡常数的计算 .....	66	<b>第五章 酸碱平衡</b> .....	97
第四节 标准平衡常数的		第一节 酸碱理论 .....	97
应用 .....	68	一、酸碱电离理论 .....	97
一、计算平衡组成 .....	68	二、酸碱质子理论 .....	97
二、判断化学反应进行的限度 .....	69	三、酸碱电子理论 .....	100
三、预测化学反应的方向 .....	71	四、软硬酸碱理论 .....	100
第五节 化学平衡的移动 .....	71	第二节 水的解离平衡和	
一、浓度对化学平衡的影响 .....	72	水溶液的 pH .....	102
二、压力和惰性气体对化学平衡		一、水的解离平衡 .....	102
的影响 .....	72	二、水溶液的 pH .....	103
三、温度对化学平衡的影响 .....	75	第三节 弱酸和弱碱的解离	
思考题 .....	76	平衡 .....	104
习题 .....	77	一、一元弱酸和一元弱碱的解离	
<b>第四章 化学反应速率</b> .....	81	平衡 .....	104
第一节 化学反应速率及其表示		二、多元弱酸和多元弱碱的解离	
方法 .....	81	平衡 .....	105
一、转化速率 .....	82	三、弱酸的标准解离常数与其共	
二、反应速率 .....	82	轭碱的标准解离常数的	
三、消耗速率和生成速率 .....	83	关系 .....	107
第二节 浓度对化学反应		第四节 酸、碱溶液 $H_3O^+$ ,	
速率的影响 .....	84	$OH^-$ 浓度的计算 .....	107
一、元反应和复合反应 .....	84	一、一元弱酸溶液 $H_3O^+$ 浓度	
二、质量作用定律 .....	84	的计算 .....	108
三、反应级数和反应分子数 .....	87	二、一元弱碱溶液 $OH^-$ 浓度	
第三节 温度对化学反应速率		的计算 .....	110
的影响 .....	88	三、多元弱酸溶液 $H_3O^+$ 浓度	
一、范托夫规则 .....	88	的计算 .....	111



四、多元弱碱溶液 $\text{OH}^-$ 浓度的计算 .....	112	一、沉淀-溶解平衡在药品生产上的应用 .....	146
五、两性物质溶液 $\text{H}_3\text{O}^+$ 浓度的计算 .....	113	二、沉淀-溶解平衡在药品质量控制上的应用 .....	147
六、混合酸溶液 $\text{H}_3\text{O}^+$ 浓度的计算 .....	117	思考题 .....	148
七、同离子效应和盐效应 .....	120	习题 .....	149
第五节 缓冲溶液 .....	122	<b>第七章 氧化还原反应和电极电势</b> .....	150
一、缓冲溶液的组成及作用机理 .....	122	第一节 氧化还原反应的基本概念 .....	150
二、缓冲溶液 pH 的计算 .....	124	一、氧化值 .....	150
三、缓冲容量和缓冲范围 .....	126	二、氧化剂和还原剂 .....	152
四、缓冲溶液的选择与配制 .....	129	三、氧化还原电对 .....	152
五、缓冲溶液在医学上的意义 .....	130	四、氧化还原反应方程式的配平 .....	153
思考题 .....	132	第二节 原电池 .....	156
习题 .....	132	一、原电池的组成 .....	156
<b>第六章 难溶强电解质的沉淀-溶解平衡</b> .....	135	二、原电池符号 .....	157
第一节 标准溶度积常数 .....	135	第三节 电极电势与原电池的电动势 .....	158
一、标准溶度积常数 .....	135	一、电极电势的产生 .....	158
二、标准溶度积常数与溶解度的关系 .....	136	二、原电池的电动势 .....	159
第二节 沉淀的生成和溶解 .....	138	三、标准电极电势的测定 .....	159
一、溶度积规则 .....	138	四、原电池的电动势与反应的摩尔吉布斯自由能变的关系 .....	160
二、沉淀的生成 .....	139	五、能斯特方程 .....	161
三、沉淀的溶解 .....	139	第四节 电极电势的应用 .....	164
四、同离子效应和盐效应 .....	141	一、比较氧化剂和还原剂的相对强弱 .....	164
第三节 分步沉淀和沉淀的转化 .....	143	二、计算原电池的电动势 .....	165
一、分步沉淀 .....	143	三、判断氧化还原反应的方向 .....	166
二、沉淀的转化 .....	144	四、确定氧化还原反应进行的限度 .....	167
第四节 沉淀-溶解平衡在药学中的应用 .....	146		



## IV 目录

第五节 元素电势图和电势-pH图 .....	169	周期 .....	200
一、元素电势图 .....	169	二、原子的价层电子组态与族 .....	201
二、电势-pH图 .....	171	三、原子的价层电子组态与元素的分区 .....	201
思考题 .....	173	第七节 元素性质的周期性 .....	202
习题 .....	175	一、有效核电荷 .....	203
<b>第八章 原子结构和元素周期律 .....</b>	<b>177</b>	二、原子半径 .....	204
第一节 氢原子光谱和玻尔理论 .....	177	三、电离能 .....	205
一、氢原子光谱 .....	177	四、电子亲和能 .....	207
二、玻尔理论 .....	179	五、电负性 .....	208
第二节 微观粒子的特性 .....	180	思考题 .....	210
一、微观粒子的波粒二象性 .....	180	习题 .....	212
二、不确定原理 .....	181	<b>第九章 离子键和离子晶体 .....</b>	<b>214</b>
第三节 氢原子结构 .....	182	第一节 离子键 .....	214
一、氢原子的薛定谔方程 .....	182	一、离子键的形成 .....	214
二、氢原子的波函数 .....	183	二、离子键的特征 .....	214
三、量子数 .....	184	三、离子的特征 .....	215
第四节 氢原子的波函数和电子云的图形 .....	186	第二节 离子晶体 .....	216
一、基态氢原子的电子云图形 .....	186	一、晶格和晶胞 .....	217
二、氢原子波函数的角分布图和电子云的角分布图 .....	187	二、离子晶体的特征 .....	217
三、氢原子的径向分布图 .....	190	三、离子晶体的类型 .....	218
第五节 多电子原子的结构 .....	191	四、离子晶体的半径比规则 .....	219
一、屏蔽效应和钻穿效应 .....	191	第三节 离子晶体的晶格能 .....	221
二、鲍林近似能级图和科顿能级图 .....	194	一、玻恩-哈伯循环 .....	221
三、基态原子的核外电子排布 .....	196	二、玻恩-朗德方程 .....	222
第六节 元素周期表 .....	200	第四节 离子极化 .....	222
一、原子的电子层结构与		一、离子的极化作用和变形性 .....	223



影响 .....	224	三、氢键 .....	255
思考题 .....	225	第七节 原子晶体和分子	
习题 .....	226	晶体 .....	258
第十章 共价键与分子结构 .....	227	一、原子晶体 .....	258
第一节 共价键的价键理论 ...	227	二、分子晶体 .....	258
一、共价键的本质 .....	228	思考题 .....	259
二、价键理论的基本要点 .....	228	习题 .....	260
三、共价键的类型 .....	229	第十一章 配位化合物 .....	262
四、配位共价键 .....	231	第一节 配位化合物的基本	
五、共价键参数 .....	231	概念 .....	262
第二节 价层电子对互斥		一、配位化合物的定义 .....	262
理论 .....	233	二、配位化合物的组成 .....	263
一、价层电子对互斥理论的		三、配位化合物的命名 .....	265
基本要点 .....	233	四、配位化合物的分类 .....	266
二、价层电子对互斥理论的		第二节 配位化合物的空间结	
应用实例 .....	235	构和异构现象 .....	267
第三节 杂化轨道理论 .....	238	一、配位化合物的空间结构 .....	267
一、杂化轨道理论的		二、配位化合物的异构现象 .....	267
基本要点 .....	238	第三节 配位化合物的化学键	
二、s-p 杂化轨道及分子的		理论 .....	269
空间构型 .....	239	一、配位化合物的价键理论 .....	269
三、d-s-p 杂化轨道及分子		二、配位化合物的晶体场	
的空间构型 .....	242	理论 .....	272
第四节 分子轨道理论 .....	244	第四节 螯合物 .....	282
一、分子轨道理论的基本		一、螯合物的形成及特殊	
要点 .....	244	稳定性 .....	282
二、分子轨道的形成 .....	245	二、生物配体 .....	283
三、同核双原子分子的结构 .....	247	第五节 配位化合物的	
四、异核双原子分子的结构 .....	249	稳定性 .....	284
第五节 离域 $\pi$ 键 .....	251	一、配位个体的标准稳定	
第六节 分子间作用力和		常数 .....	284
氢键 .....	252	二、配位个体的稳定性 .....	287
一、分子的极性 .....	252	三、配位平衡的移动 .....	290
二、分子间作用力 .....	253	第六节 配位化合物在药理学上	



的应用 .....	293	<b>第十三章 p 区元素</b> .....	321
一、生命必需金属元素的		第一节 p 区元素概述 .....	321
补充 .....	294	第二节 硼族元素 .....	323
二、有毒金属元素的促排 .....	294	一、硼族元素概述 .....	323
三、新药的研制 .....	295	二、硼族元素的单质 .....	324
四、配合物与生物化学的		三、硼的化合物 .....	325
关系 .....	296	四、铝的化合物 .....	329
思考题 .....	296	五、生物学效应及常用药物 .....	331
习题 .....	298	第三节 碳族元素 .....	332
<b>第十二章 s 区元素</b> .....	301	一、碳族元素概述 .....	332
第一节 氢 .....	301	二、碳族元素的单质 .....	333
一、物理性质 .....	301	三、碳的重要化合物 .....	336
二、化学性质 .....	301	四、硅的重要化合物 .....	339
三、氢气的制备 .....	302	五、锡和铅的重要化合物 .....	340
四、氢化物 .....	303	六、生物学效应及常用药物 .....	344
第二节 s 区元素概述 .....	305	第四节 氮族元素 .....	345
第三节 s 区元素的单质 .....	306	一、氮族元素概述 .....	345
一、物理性质 .....	306	二、氮族元素的单质 .....	346
二、化学性质 .....	307	三、氮的化合物 .....	348
第四节 s 区元素的化合物 .....	307	四、磷的化合物 .....	355
一、氧化物 .....	307	五、砷、锑和铋的化合物 .....	361
二、氢氧化物 .....	310	六、生物学效应及常用药物 .....	364
三、盐类 .....	312	第五节 氧族元素 .....	365
四、焰色反应 .....	314	一、氧族元素概述 .....	365
第五节 锂和铍的特殊性与		二、氧和硫的单质 .....	366
对角线规则 .....	314	三、过氧化氢 .....	368
一、锂和铍的特殊性 .....	314	四、硫的化合物 .....	370
二、对角线规则 .....	315	五、生物学效应及常用药物 .....	380
第六节 s 区元素的生物学效		第六节 卤族元素 .....	381
应及常用药物 .....	316	一、卤族元素概述 .....	381
一、s 区元素的生物学效应 .....	316	二、卤族元素的单质 .....	382
二、常用药物 .....	317	三、卤化氢和卤化物 .....	386
思考题 .....	319	四、卤素的含氧酸及其盐 .....	388
习题 .....	319	五、生物学效应及常用药物 .....	392



第七节 稀有气体 .....	393	第七节 铁系元素 .....	421
一、稀有气体的性质和用途 .....	393	一、铁系元素概述 .....	421
二、稀有气体化合物 .....	394	二、铁的重要化合物 .....	423
三、稀有气体的应用 .....	395	三、钴和镍的重要化合物 .....	426
思考题 .....	395	四、常用药物 .....	428
习题 .....	396	第八节 铂系元素 .....	429
<b>第十四章 d 区元素</b> .....	400	一、铂系元素概述 .....	429
第一节 过渡元素概述 .....	402	二、铂和钯的重要化合物 .....	431
一、过渡元素的原子半径 .....	402	三、常用药物 .....	432
二、过渡元素单质的物理 性质 .....	403	思考题 .....	432
三、过渡元素单质的化学 性质 .....	403	习题 .....	434
四、过渡元素的氧化值 .....	404	<b>第十五章 ds 区元素</b> .....	438
五、过渡元素离子的颜色 .....	405	第一节 铜族元素 .....	438
六、过渡元素的生物学效应 .....	405	一、铜族元素概述 .....	438
第二节 钛 .....	407	二、铜的重要化合物 .....	440
一、钛的单质 .....	407	三、银的重要化合物 .....	444
二、钛的重要化合物 .....	407	四、生物学效应及常用药物 .....	446
第三节 钒 .....	408	第二节 锌族元素 .....	447
一、钒的单质 .....	409	一、锌族元素概述 .....	447
二、钒的重要化合物 .....	409	二、锌的重要化合物 .....	449
第四节 铬、钼和钨 .....	411	三、汞的重要化合物 .....	451
一、铬、钼和钨的单质 .....	411	四、生物学效应及常用药物 .....	454
二、铬的化合物 .....	411	思考题 .....	455
三、钼和钨的化合物 .....	415	习题 .....	455
第五节 锰 .....	416	<b>附录</b> .....	458
一、锰的单质 .....	417	附录一 某些物质的标准摩尔 生成焓、标准摩尔生成 吉布斯自由能和 标准摩尔熵 .....	458
二、锰的重要化合物 .....	417	附录二 某些有机化合物的标 准摩尔燃烧焓 .....	461
第六节 铬和锰元素的生物学 效应及常用药物 .....	419	附录三 某些酸、碱的标准解离 常数 .....	462
一、铬元素的生物学效应 .....	419	附录四 难溶强电解质的标准	
二、锰元素的生物学效应 .....	420		
三、常用药物 .....	421		

## VIII 目录

	溶度积常数 .....	463	附录七 某些化合物的摩尔	
附录五	某些电对的标准电极		质量 .....	466
	电势 .....	464	主要参考文献 .....	468
附录六	某些配离子的标准		元素周期表	
	稳定常数 .....	465		



# 绪 论

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律和变化过程中的能量关系的科学。

世界是由物质构成的。物质具有丰富的、多层次的内部结构,并存在着相互作用。当代科学的发展,使人类从深层次的内部结构上认识和改造物质世界成为现实。在物质世界中,最复杂、最完美和最奥妙无穷的莫过于生命现象,特别是人类本身。

人体与化学的关系极其密切,生命和人体的进化过程是离不开化学变化的。人类的生存和繁衍也是通过化学反应来维持的,没有化学变化,地球上就不会有生命,当然也就不会有人类存在。人的生命过程本身就是无数化学反应的综合体现,在这些反应中,一种反应的产物可以作为另外一种反应的反应物。而生命过程实质上就是一系列发生在细胞内外由生物整体所调控的化学变化。

正是由于化学学科的飞速发展,才使人类利用化学的方法和原理从分子水平上深入认识生命现象和控制复杂的生命过程成为可能。可以认为,没有化学的发展,生命科学和药学就不会有现在这样迅速发展的大好局面。

化学是一门重要的基础学科,它的分支有无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等。无机化学是以元素周期律及近现代化学理论为基础,研究除碳氢化合物及其衍生物之外的所有元素及其化合物的学科。有机化学是研究碳氢化合物及其衍生物的化学,它的任务之一是研究生物体内的有机化合物的结构与性质。分析化学的任务是研究物质的化学组成,测量各组成的含量以及表征物质的化学结构。物理化学是根据物理变化和化学变化之间相互关联和互相转化来研究物质变化规律的一门学科,它深刻地探讨各个化学领域中最本质的规律性,它也是物理学与化学相互渗透的一门学科。

## 一、无机化学与药学的关系

无机化学的研究内容非常广泛。现代无机化学主要研究元素及其化合物(碳氢化合物及其衍生物除外)的制备、组成、结构和性质。

近几十年来,由于科学技术的迅速发展,无机化学突破了历史的局限,与生物学、有机化学等学科相互渗透,产生了不少新的边缘学科,如生物无机化学、金属有机化学、金属酶化学等,从而开拓了无机化学的研究领域。把无机化学的知识、理论、近代物理测试手段用于生物体的研究就产生了生物无机化学。生物无机化学是在分子水平上研究生物体内与无机元素有关的各种相互作用。

药学是生命科学的一部分。生命科学以人体为主要研究对象,探索疾病发

生和发展的规律,寻找预防疾病和治疗疾病的途径。预防疾病和治疗疾病主要依靠药物在体内发挥作用,利用药物来调整因疾病而引起的各种异常变化。

化学在药学中的应用如下:

(1) 用无机化学和有机化学的理论和方法合成具有特定功能的药物,研究各种无机化学反应和有机化学反应,以了解药物的结构与性质和生物效应的关系。

(2) 用化学分离方法从动物、植物(中草药)及人的组织、体液中分离出有生物活性的物质和有治疗作用的成分,确定它们的结构,了解它们在体内的形成和代谢,了解它们的性质与活性的关系。

(3) 用化学分析方法和仪器分析方法分析药物与生物活性物质的组成和结构,分析合成中间体、原料药及制剂中的有效成分含量及杂质限量。

(4) 用物理化学方法研究各种化学反应发生的可能性、反应速率及反应机理,利用这些理论研究药物在人体内的代谢、利用程度及药物稳定性等。最终利用化学的理论、知识解释病理过程和药理过程,提出解决问题所需要的信息、理论依据和方法。

无机化学是大学化学课程中第一门化学课,内容包括无机化学原理和元素化学两大部分。掌握这些内容不仅为后续课程的学习打好基础,也是今后从事药学专业工作所必需的知识储备。许多无机化合物本身就是药物,《中华人民共和国药典》中收录的无机药物就有几十种之多。掌握无机化学的知识,有助于研究药物的化学性质与它的结构及生物效应间的关系。

## 二、无机化学的学习方法

无机化学是药学类专业一门重要的基础课,学习无机化学的目的是通过理论课的学习为专业课的学习打好化学理论基础。通过无机化学实验掌握一些基本实验技能,通过自学,提高自己独立思考问题和独立解决问题的能力。无机化学是一门实验科学,新理论的发现和验证都要通过实验。因此,在无机化学的学习中要充分认识到化学实验的重要性。

大学的教学方法与中学截然不同。大学讲授的特点是突出重点,讲授中可以有所精简、调整和补充,教学进度也比较快。因此,学生最好能做到课前预习,带着问题听课,这将有助于学习的深入和提高,并能培养学生的自学能力。

无机化学是药学类专业本科一年级第一学期开设的一门基础课,为了取得较好的学习效果,可以采用以下的学习方法:

(1) 在学习新课之前要自学一遍,这样就能对教师本节课要讲授的内容有所了解,听课时特别要注意预习时未理解的部分。上课时要记笔记,课后应及时整理笔记,搞清楚每节课的内容。



(2) 对于《无机化学》教材各章各节中的一些基本概念和基本原理,要正确地理解其含义及其适用的范围。

(3) 各章各节中的公式都是不同程度地借助于数学手段推导出来的,应理解数学推导思路,注意在推导过程中所引入的某些固定条件(如温度、压力、体积等)。

(4) 演算习题是无机化学课程中巩固课本内容、培养独立思考和联系实际及发展思维的一个重要学习环节。在解题前,首先应了解该题属于课本中的哪一段内容,与哪几个基本概念、公式相关联,该题提供了哪些已知条件,要求解得什么结果。然后从已知条件入手,思考出解题的思路。

(5) 除了学好教材的内容,还必须重视无机化学实验。实验不但能验证教材中的内容,有助于加深对所学知识的理解,而且还能锻炼学生的动手能力和实践能力。

### 三、物理量的表示与运算

无机化学中常用方程式来表示物理量之间的定量关系,这种方程式称为量方程式。正确掌握物理量的表示法和运算规则,对于学好无机化学这门课程是非常必要的。

#### (一) 物理量的表示法

物理量常用符号来表示。物理量的符号通常是单个拉丁字母或希腊字母,有时带有上标、下标或其他的说明性标记。物理量的符号(除 pH、COD 等多字母形式外)单个字母都必须用斜体,当它作为下标使用时,也不例外。

物理量常用下列关系式表示:

$$A = \{A\}[A]$$

式中: $A$  为某一物理量的符号; $[A]$  为某一单位的符号; $\{A\}$  则是以单位 $[A]$  表示物理量  $A$  的数值。

应当指出,虽然可以按上述方法定量表示物理量,但物理量的量值与单位的选择无关。物理量的单位变大或变小后,只影响到与之相关的数值的大小,而不会改变物理量的大小,这就是通常所说的“物理量的量值与单位的选择无关”。

物理量的单位也常用符号来表示,单位的符号多数是拉丁字母或希腊字母。单位的符号一般为小写,只有来源于人名的单位,其符号的第一个字母为大写,如 mol(摩尔),J(焦耳)等。单位的符号无一例外地一律用正体字母,不得使用斜体。

在表示一个物理量时,总是用到数值和单位。可以说,物理量的数值是该物理量与其单位之比,即: