

學 記 援 參

无机化学是高等师范专科学校化学专业的一门重要基础课，它包括物质结构理论，化学反应原理以及元素化学等内容。由于目前尚无合适的师专教材，我们按照1982年教育部审定的高等师范专科学校化学专业《无机化学教学大纲》编写了这本教材。

全书分20章。理论部分注意了深入浅出和分析问题的层次，力图化“难”为“易”；元素化学部分注意了知识的内在联系，加强推理性描述，力求运用所学的结构理论和热力学知识阐明无机物的性质和变化规律。考虑到师专的培养目标，注意了与中学教材的衔接和相似概念的区别和联系。在叙述上，对于重点和难点尽可能叙述清楚些，文字亦求明白易懂，以便于自学。全书使用国际单位制，鉴于目前的教学实际，大气压（atm.）仍作为压力的习惯单位。

本书的初稿和修改稿曾在常德师专、邵阳师专、衡阳师专、郴州师专四校两届学生中试用。在此基础上，湖南省教育厅邀请了全国工科教材编审委员会顾问、华南工学院化学系龙惕吾教授，全国理科教材编审委员会无机化学组副组长、福建师大化学系陈案教授，中南矿冶学院化学系张祥麟教授，国防科大五系江瑜副教授，湖南师大化学系康衡副教授，邹声扬副教授以及湘潭大学化学系主任马立扬老师，于1984年12月在常德师专召开了审稿会。参加审稿会的还有湖南大学，湘潭大学，河南许昌师专，湖北鄂西教育学院，甘肃张掖师专，四川达县师专，贵州遵义师专，湖南湘潭师专，岳阳师专，益阳师专，零陵师专，湘西教育学院，娄底师专等校的代表。审稿会还收到广西河池师专，四川自贡师专，绵阳师专，万县师专，河北石家庄师专，山西晋东南师专，晋中师专，云南昆明师专，安徽徽州师专，江西九江师专，广东雷州师专，广东教育学院等校的书面意见。全国理科教材编审委员会无机化学组高教出版社联络员王世显同志来函预祝会议成功。审稿会一致认为，该教材层次分明、系统性强；概念严谨、正确；重点、难点叙述清楚，注意了深入浅出，文字明白易懂；全书取材合适，注意了理论内容对元素部分的指导作用。总之，是一本既便于教，又便于自学的比较好的教材，不仅可作为师专无机化学教科书，也可作为高等师范院校（本科）的无机化学函授教材，以及电视大学和自学无机化学的参考书。审稿过程中，代表们也提出了不少宝贵意见。更难能可贵的是，龙惕吾教授、陈案教授不顾年事已高，在工作繁忙情况下，还对本书的修改稿提出了书面意见。张祥麟教授曾对本书初稿的个别章节提出过宝贵意见，这次审稿中，又对其它章节提出书面或口头意见。在这次重印中，我们考虑了所有这些意见，又对原稿进行了修改。

本书由湖南师大化学系主编。参加编写的有张洪钧（常德师专，第1、15、17、18章），周宏植（常德师专，第2、16章），侯新发（衡阳师专，第3、11章），许成林（常德师专第4章），李成政（郴州师专，第5章），张灿久（湖南师大，第6、7章），夏时（邵阳师专，第8、9、20章），李德荣（邵阳师专，第10章），邓戊有（衡阳师专，第12、13章），付敏求（郴州师专，第14、20章），黄已端（郴州师专，第19章）。全书由湖南师大

张灿久统一修改，康衡、邹声扬审阅定稿。

本书的编写，自始至终得到湖南省教育厅及编者所在学校领导的支持、关怀和鼓励，使这一工作得以顺利进行。同时也得到兄弟院校的鼓励和帮助，无论是亲自参加审稿，或者书面提出意见，特别是龙教授、陈教授、张教授的指导，对于我们是莫大的鼓舞。没有这一切，也难以达到预期的目的。在此一并表示感谢。由于我们水平有限，书中还可能有不妥甚至错误之处，希望广大读者批评指出。

(88) 基础化学热力学 第三章

(88) 基础化学热力学 第一章

(04) 基础化学热力学 第二章

基础化学热力学 1—2 (14) 基础化学热力学 1—2

(14) 基础化学热力学 1—2 (14) 基础化学热力学

目 录

绪 论 (1)

一、化学研究的对象和任务 (1)

二、化学发展的概况 (2)

三、化学在社会主义建设中的作用 (4)

第一章 化学的基本概念和气体定律 (6)

第一节 分子和原子 (6)

1—1 分子(6) 1—2 原子(6)

第二节 元素、同位素、核素 (7)

2—1 元素(7) 2—2 同位素(7) 2—3 核素(7) (7)

第三节 原子和分子的质量 (8)

3—1 原子质量(8) 3—2 平均原子质量(8) 3—3 相对原子质量(8) (8)

3—4 相对分子质量(9) (9) 3—5 相对分子质量的计算(9)

第四节 物质的量及其单位——摩尔 (9)

4—1 摩尔(10) 4—2 摩尔质量(10) 4—3 “物质的量”的计算(11) 1—2

第五节 理想气体定律 (12)

5—1 理想气体状态方程式(12) 5—2 气体扩散定律(14) 5—3 混和气体分

压定律(14) (14) 5—4 理想气体的内能(15) 5—5 理想气体的功(16)

习 题 (17)

第二章 氢 水 溶液 胶体 (19)

第一节 氢 (19)

1—1 氢的制备(19) 1—2 氢气的性质和用途(20) 1—3 氢化物

及其分类(20) (20)

第二节 水 (21)

2—1 水分子的结构(21) 2—2 水的物理性质(22) 2—3 重水(24)

第三节 物质的溶解和结晶 (24)

3—1 分散系(24) 3—2 饱和溶液 溶解度 溶解度曲线(25) 3—3 过饱和溶

液 结晶 重结晶(26) (26)

第四节 溶液的浓度 (27)

4—1 质量摩尔浓度 物质的量分数(27) 4—2 溶液浓度的计算(27) (27)

第五节 稀溶液的通性 (29)

5—1 溶液的蒸气压降低(29) 5—2 沸点升高(30) 5—3 凝固点下降(30)

5—4 渗透压(32) (32)

第六节 胶体 (33)

6—1 胶体的制备(33) 6—2 胶体的性质(33) 6—3 胶体的结构(34) 1—2

6—4 胶体的聚沉和保护(35) (35)

习 题 (36)

第三章 化学热力学基础	(38)
第一节 基本概念	(38)
第二节 热力学第一定律	(40)
2-1 热力学第一定律(40) 2-2 等压过程的功(42) 2-3 等压过程的热 焓和焓变(44) 2-4 等容过程的热和功(44)	
第三节 热化学	(45)
3-1 热效应、热化学方程式(45) 3-2 黑斯定律(46) 3-3 几种热效应(47)	
第四节 化学反应的方向性	(51)
4-1 反应的自发方向(51) 4-2 熵的初步概念(51) 4-3 自由焓(52)	
4-4 标准自由焓变(ΔG°)(54) 4-5 吉布斯—赫姆霍兹方程(55)	
第五节 本章总结	(57)
习 题	(57)
第四章 化学反应速度和化学平衡	(60)
第一节 化学反应速度	(60)
1-1 化学反应速度的表示法(60) 1-2 反应速度与浓度的关系 质量作用定律 (62) 1-3 温度与反应速度的关系 活化能(67) 1-4 碰撞理论(70) 1-5 1-5 催化剂与反应速度的关系(72)	
第二节 化学平衡	(74)
2-1 可逆反应与化学平衡(74) 2-2 化学平衡常数(75) 2-3 平衡常 数与自由焓变的关系(77) 2-4 有关平衡常数的计算(79)	
第三节 化学平衡的移动	(81)
3-1 浓度对化学平衡的影响(81) 3-2 压力对化学平衡的影响(82) 3-3 温 度对化学平衡的影响(84) 3-4 催化剂与化学平衡的关系(85) 3-5 吕·查德理 原理(85)	
第四节 化学反应速度与化学平衡的应用	(86)
习 题	(87)
第五章 电解质溶液和酸碱理论	(90)
第一节 水的电离与溶液的pH值	(90)
1-1 水的电离平衡和离子积(90) 1-2 水溶液的pH值(92) 1-3 pH值的近 似测定和酸碱指示剂(93)	
第二节 弱酸、弱碱的电离	(94)
2-1 一元弱酸、弱碱的电离常数(94) 2-2 电离常数与电离度的关系——稀 定律(96) 2-3 一元弱酸、弱碱电离平衡的计算(97) 2-4 同离子效应 (99) 2-5 多元弱酸的电离(100)	
第三节 缓冲溶液	(102)
第四节 强电解质的电离	(106)
第五节 盐类的水解	(107)
5-1 各类盐的水解(107) 5-2 影响盐类水解的因素(112)	
第六节 酸碱理论发展概况	(113)
5-1 酸碱溶剂理论(113) 6-2 酸碱质子理论(114) 6-3 酸碱电子理论(118)	

第七节 沉淀溶解平衡	(119)
7-1 溶度积 (119)	7-2 沉淀溶解平衡的移动——同离子效应和盐效应 (122)
7-3 溶度规则的应用 (123)	7-4 离子互换反应方向与程度的判断 (127)
习 题	(128)
第六章 原子结构和元素周期律	(131)
*第一节 原子的组成	(131)
1-1 阴极射线 电子的发现 (131)	1-2 α -粒子散射实验 带核的原子模型 (132)
第二节 核外电子运动的特征	(133)
2-1 氢原子光谱和玻尔模型 (133)	2-2 波粒二象性 (136)
第三节 氢原子的结构理论	(139)
3-1 波函数和原子轨道 (139)	3-2 几率密度和电子云 (142)
3-3 几率和几率的径向分布 (144)	3-4 四个量子数 (145)
第四节 多电子原子的结构	(146)
4-1 屏蔽效应和多电子原子的能级 (146)	4-2 核外电子排布原理和原子的电子层结构 (148)
4-3 原子的电子层结构与元素周期系 (151)	
第五节 元素基本性质的周期性	(153)
5-1 原子半径 (153)	5-2 电离能 (155)
5-3 电子亲和能 (157)	5-4 电负性 (158)
习 题	(159)
第七章 分子结构和晶体结构	(162)
第一节 共价键和分子结构	(162)
1-1 价键理论 (163)	1-2 杂化轨道理论 (166)
1-3 价层电子对互斥理论 (170)	1-4 分子轨道理论 (174)
1-5 键参数 (177)	
第二节 分子的物理性质	(180)
2-1 分子的极性 (180)	2-2 分子的磁性 (182)
第三节 晶体结构	(182)
3-1 晶体的特性和基本类型 (182)	3-2 原子晶体 (184)
3-3 离子晶体 (184)	
一、离子键 (184)	
二、离子的特征 (186)	
三、离子晶体的结构类型 (187)	
四、离子晶体的性质 (190)	
五、离子的极化 (193)	
3-4 金属晶体 (195)	
一、金属晶格 (195)	
二、金属键的自由电子理论 (196)	
三、金属单质的一般性质 (196)	
3-5 分子晶体 (197)	
一、分子间作用力 (197)	
二、氢键 (198)	
三、分子晶体的结构 (199)	

(011) 四、分子间力对物质性质的影响 (200)	200
3—6 四种类型晶体及其性质小结 (202)	202
第四节 化学键和晶体类型的过渡	(202)
4—1 化学键类型的过渡 (202)	202
4—2 晶体类型的过渡 (203)	203
习 题	(204)
第八章 氧化还原反应与电化学基础	(206)
第一节 氧化还原反应的基本概念	(206)
1—1 氧化还原概念的发展 (206)	206
1—2 氧化数 (207)	207
1—3 常用的氧化剂和还原剂 (208)	208
第二节 氧化还原反应方程式的配平	(208)
2—1 氧化数法 (208)	208
2—2 离子—电子法 (210)	210
第三节 氧化还原反应和原电池	(212)
3—1 原电池 (212)	212
3—2 电池的电动势和反应的自由焓变的关系 (213)	213
第四节 电极电势	(214)
4—1 电极电势的产生 (214)	214
4—2 标准电极电势 (214)	214
4—3 影响电极电势的因素 (216)	216
第五节 电极电势的应用	(220)
5—1 判断氧化还原反应的方向 (220)	220
5—2 判断氧化还原反应进行的次序 (222)	222
5—3 选择氧化剂和还原剂 (222)	222
5—4 判断氧化还原反应进行的程度 (223)	223
5—5 判断氧化还原反应的产物 (223)	223
5—6 确定金属活动次序 (224)	224
5—7 E—pH图及其应用 (227)	227
第六节 电 解	(228)
6—1 电解过程的特征 (228)	228
6—2 电解定律 (231)	231
第七节 金属的腐蚀和防护	(232)
习 题	(233)
第九章 卤 素	(236)
第一节 卤素的通性	(236)
第二节 卤素的单质	(237)
2—1 物理性质 (237)	237
2—2 化学性质 (239)	239
2—3 制备和用途 (242)	242
2—4 卤素的标准电极电势图及其应用 (244)	244
第三节 卤化氢、卤化物	(246)
3—1 卤化氢的制备 (246)	246
3—2 卤化氢的性质 (248)	248
3—3 卤化物、卤素互化物、多卤化物 (250)	250
第四节 卤素的含氧酸及其盐	(252)
4—1 次卤酸及其盐 (253)	253
4—2 卤酸及其盐 (254)	254
4—3 高卤酸及其盐 (255)	255
4—4 卤素含氧酸酸性、热稳定性、氧化性小结 (255)	255
第五节 拟卤素	(257)
5—1 拟卤素和卤素性质的相似性 (257)	257
5—2 氰和氰化物 (257)	257
5—3 硫氰和硫氰酸盐 (258)	258
习 题	(259)
第十章 氧族元素	(260)
第一节 氧族元素的通性	(260)

第二节 氧和氧化物	(261)
2-1 氧(261) 2-2 氧化物(264) 2-3 过氧化氢(265) 2-4 氧在形成化合物时的价键特征(268)	
第三节 硫及其化合物	(270)
3-1 硫的单质(270) 3-2 硫化氢、硫化物、多硫化物(271) 3-3 硫的含氧化合物(274)	
一、二氧化硫、亚硫酸及其盐(274)	
二、三氧化硫和硫酸(275)	
三、硫酸盐(278)	
四、硫的其它含氧酸及其盐(278)	
3-4 硫的成键类型小结(281)	
第四节 硒和碲	(282)
第五节 含氧酸强度与结构的关系	(284)
习 题	(285)
第十一章 氮族元素	(287)
第一节 通性	(287)
第二节 氮和它的化合物	(289)
2-1 氮(289) 2-2 氮的氢化物(290) 2-3 氮的含氧化合物(293) 2-4 氮的卤化物(297) 2-5 氮肥(298)	
第三节 磷及其化合物	(300)
3-1 单质磷(300) 3-2 磷的氢化物(301) 3-3 磷的含氧化合物(302) 3-4 磷的卤化物(304) 3-5 磷肥(305)	
第四节 砷、锑、铋	(306)
4-1 单质(306) 4-2 重要化合物(307)	
第五节 元素的二次周期性	(310)
习 题	(311)
第十二章 碳族元素	(313)
第一节 通性	(313)
第二节 碳及其化合物	(314)
2-1 碳的同素异性体(314) 2-2 碳的含氧化合物(316)	
第三节 硅及在化合物	(319)
3-1 硅的存在、制备、性质和用途(319) 3-2 硅烷(321) 3-3 四氯化硅和氟硅酸(322) 3-4 硅的含氧化合物(323)	
第四节 锗、锡、铅	(327)
4-1 锗、锡、铅的存在、冶炼、性质和用途(327) 4-2 锗、锡、铅的化合物(328) 4-3 铅蓄电池(331)	
习 题	(332)
第十三章 硼族元素	(334)
第一节 通性	(334)
第二节 硼及其化合物	(335)
2-1 单质硼(335) 2-2 硼烷(336) 2-3 硼的含氧化合物(338) 2-4	

(188) 硼的卤化物 (339) ·····	2—5 硼硅的相似性 (341) ·····	(343)
第三节 铝 ·····		(343)
3—1 铝的存在、性质和用途 (343) ·····	3—2 氧化铝和氢氧化铝 (344) ·····	3—3 铝的卤化物和硫酸盐 (345) ·····
3—4 金属铝的冶炼原理 (346) ·····		(347)
第三节 P 区元素小结 ·····		(348)
习 题 ·····		(350)
第十四章 碱金属和碱土金属 ·····		(350)
第一节 碱金属 ·····		(350)
1—1 通性 (350) ·····	1—2 单质的性质和制备 (351) ·····	1—3 氧化物 (354) ·····
1—4 氢氧化物 (357) ·····	1—5 盐类 (358) ·····	1—6 焰色反应 (361) ·····
1—7 锂的异常行为 (362) ·····		(362)
第二节 碱土金属 ·····		(362)
2—1 通性 (362) ·····	2—2 单质的性质和制备 (363) ·····	2—3 重要化合物 (365) ·····
2—4 硬水的软化 (368) ·····	2—5 铍的异常行为 (369) ·····	
第三节 s 区元素小结 ·····		(370)
习 题 ·····		(371)
第十五章 配位化合物 ·····		(373)
第一节 配合物的一些基本概念 ·····		(373)
1—1 配合物的定义 (373) ·····	1—2 配合物的组成 (374) ·····	1—3 配合物的分类 (376) ·····
1—4 配合物化学式的写法和命名 (378) ·····		(378)
第二节 配合平衡 ·····		(378)
2—1 稳定常数和不稳定常数 (378) ·····	2—2 影响配合平衡的因素 (380) ·····	
第三节 配合物的化学键理论 ·····		(381)
3—1 价键理论的基本要点 (381) ·····	3—2 晶体场理论简介 (384) ·····	
第四节 影响配离子在溶液中稳定性的因素 ·····		(391)
4—1 中心离子的性质 (391) ·····	4—2 配体的性质 (392) ·····	4—3 其它因素对配离子稳定性影响 (394) ·····
第五节 配合物的形成对物质性质的影响 ·····		(394)
5—1 配合物的形成与难溶盐溶解性的关系 (394) ·····	5—2 配合物的形成与物质酸碱性的关系 (395) ·····	5—3 配合物的形成与金属离子氧化还原性的关系 (395) ·····
习 题 ·····		(396)
第十六章 铜族和锌族元素 ·····		(398)
第一节 铜族元素 ·····		(398)
1—1 通性 (398) ·····	1—2 单质的性质和用途 (399) ·····	1—3 铜的重要化合物 (401) ·····
1—4 银的重要化合物 (404) ·····	1—5 铜族和碱金属元素的比较 (407) ·····	
第二节 锌族元素 ·····		(409)
2—1 通性 (409) ·····	2—2 单质的性质和用途 (411) ·····	2—3 锌族的重要化合物 (412) ·····
2—4 锌族与碱土金属元素的比较 (416) ·····	2—5 锌族和铜族元素的比较 (418) ·····	
习 题 ·····		(418)
第十七章 过渡元素 (一) ·····		(420)

第一节 d 区元素的概述	(420)
1—1 原子价电子层结构的特征 (420)	
1—2 氧化态 (426)	
1—3 原子半径和离子半径 (422)	
1—4 物理性质 (423)	
1—5 金属单质的反应活性 (424)	
1—6 元素的氧化还原性 (425)	
1—7 氢氧化物的酸碱性 (426)	
1—8 水合离子的颜色 (426)	
1—9 形成配合物的倾向 (427)	
第二节 钪	(428)
第三节 钛	(429)
3—1 钛的性质和用途 (429)	
3—2 钛的冶炼原理 (430)	
3—3 钛的重要化合物 (431)	
第四节 钒	(434)
4—1 钒的单质 (434)	
4—2 五氧化二钒 (434)	
4—3 钒酸盐和钒多酸盐 (435)	
第五节 铬、钼、钨	(436)
5—1 概述 (436)	
5—2 铬的重要化合物 (437)	
5—3 钼与钨的化合物 (440)	
5—4 同多酸和杂多酸及其盐简介 (442)	
第六节 锰	(442)
6—1 锰的单质 (442)	
6—2 锰的重要化合物 (443)	
第七节 铁系元素	(447)
7—1 概述 (447)	
7—2 铁、钴、镍的重要化合物 (449)	
7—3 钢铁的冶炼原理 (460)	
7—4 铂系元素简介 (463)	
习 题	(464)
第十八章 过渡元素 (二)	(467)
第一节 镧系元素	(467)
1—1 镧系元素的电子构型 (467)	
1—2 氧化态 (467)	
1—3 原子半径和离子半径 (467)	
1—4 离子颜色 (469)	
1—5 镧系金属的性质 (469)	
1—6 $\text{Ln}(\text{III})$ 化合物 (470)	
1—7 $\text{Ln}(\text{IV})$ 和 $\text{Ln}(\text{II})$ 化合物 (472)	
1—8 镧系元素的配合物 (473)	
1—9 稀土元素的应用 (473)	
第二节 锕系元素	(474)
2—1 价电子层结构 (474)	
2—2 氧化态 (475)	
2—3 离子半径 (475)	
2—4 离子颜色 (475)	
2—5 锕系金属的性质 (475)	
2—6 钍和铀 (475)	
第三节 放射性现象与核反应	(477)
3—1 天然放射性 (477)	
3—2 核反应 (478)	
3—3 核稳定性的经验规律 (480)	
3—4 半衰期 (481)	
习 题	(482)
第十九章 稀有气体	(483)
第一节 稀有气体发现简史	(483)
第二节 稀有气体的存在、性质和用途	(484)
2—1 稀有气体的存在 (484)	
2—2 稀有气体的性质和用途 (484)	
第三节 稀有气体的化合物	(486)
3—1 稀有气体包合物 (486)	
3—2 稀有气体化合物 (486)	
习 题	(490)
第二十章 化学元素周期性及周期系的新发展	(491)

第一节 化学元素的周期性.....	(491)
-------------------	-------

1—1 元素存在形式和单质熔沸点的周期性 (491)	1—2 元素性质的周期性 (493)
----------------------------	--------------------

1—3 元素化合物性质的周期性 (495)	1—4 生成配合物的倾向 (505)
-----------------------	--------------------

第二节 元素周期系理论的重要意义与元素周期系的新发展.....	(506)
---------------------------------	-------

2—1 化学元素周期系理论的重要意义 (506)	2—2 元素周期系的发展远景 (507)
--------------------------	----------------------

附录

附录一 国际单位制 (SI) 单位.....	(509)
------------------------	-------

附录二 重要的物理常数.....	(512)
------------------	-------

附录三 在不同温度下饱和水蒸气的压力.....	(512)
-------------------------	-------

附录四 物质的热力学性质.....	(513)
-------------------	-------

附录五 某些弱酸和弱碱的电离常数.....	(516)
-----------------------	-------

附录六 某些难溶电解质的溶度积常数.....	(517)
------------------------	-------

附录七 标准电极电势.....	(518)
-----------------	-------

附录八 一些常见配离子的稳定常数.....	(525)
-----------------------	-------

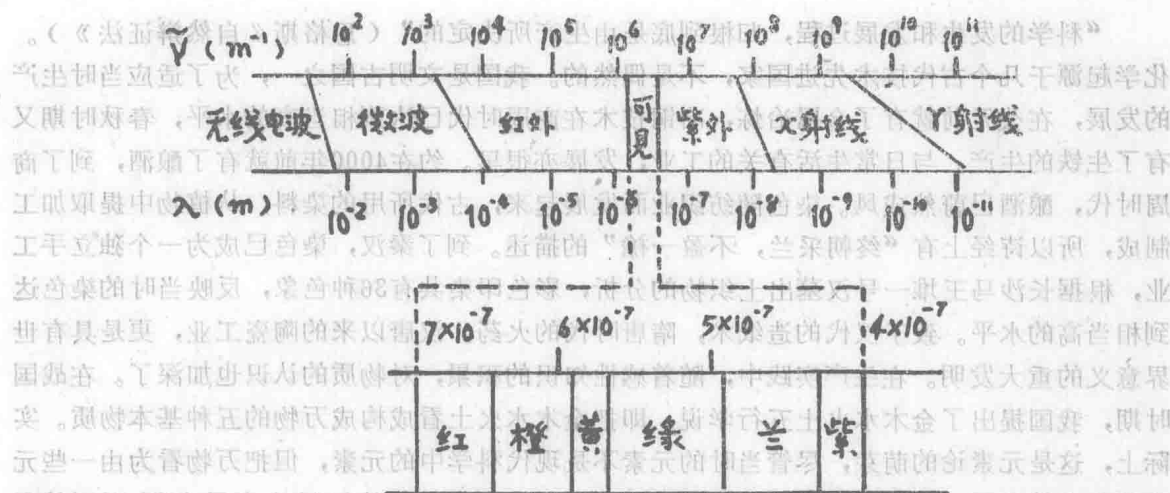
绪论

一、化学研究的对象和任务

世界是物质的，无论我们在自然界中所看到的日月星辰，山川岩矿，还是在日常生活中所需的衣食住行的用品，所使用的工具，甚至微观世界的一些基本粒子如电子、中子、质子、光子等等，所有这些都是物质。物质是在人的意识以外，并不依赖人的意识而存在的客观实在。

自然界的物质形态虽有多种多样，但可以区分为实物和场两大类。实物有静止质量，占有一定的空间，在同一空间不能同时占据两个实物。实物包括电子、中子、质子、原子、化合物……等。场不一定有静止质量，例如光子就没有静止质量，也没有确定的空间范围，场同场可以叠加而占据同一空间。场包括电磁场引力场等，电磁场又包括无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、 α 射线、 r 射线等，它们按照波长来划分如下图所示。图中 λ 表示

波长，以 m 为单位， $\tilde{\nu}$ 表示波数，以 m^{-1} 为单位，二者的关系是 $\tilde{\nu} = 1/\lambda$ 。



电磁波谱图

无论哪一种形态的物质，它们与运动是不可分割的。运动是物质的存在形式，运动不能离开物质而存在，物质也不能脱离运动而存在，“没有运动的物质和没有物质的运动是不可想像的”（恩格斯《反杜林论》）。物质运动的形式是多种多样的，有机械的、物理的、化学的以及生命过程等等。对于某种运动形式的研究，就构成某一门科学的研究对象，化学就是研究物质的化学运动即化学变化的科学。

具体来说，化学所研究的物质是实物。在自然界以游离状态存在的实物，不外乎是混合物。

*注：实物一词，即英文的 substance 或俄文的 Вещество，但它们亦可译为物质。这里为了与场相区分，我们采用实物一词，本书以后经常使用物质一词，其意义即指实物。

物或纯物。实际上，纯物质在自然界存在的只是极少数的几种，大都是混合物。例如，空气是氮气、氧气、一些稀有气体以及二氧化碳、水蒸汽等的均相混合物（溶液），海水是各种盐类与水组成的溶液，地壳中的岩石和矿物是由一些无机物质组成的非均相混合物。但是通过分离方法可以得到纯物质，例如液化空气可以分离氮气、氧气和一些稀有气体。纯物质可以分为单质和化合物，单质是由一种元素所组成，化合物是由二种或二种以上的元素所组成。现在已有109种元素，这些元素的各种具体存在方式和它们的变化行动，就成为化学研究的具体对象。

我们在化学上对物质的研究，可以从其组成、结构、性质的研究，了解其变化行为；也可以从其变化过程中研究其变化的规律；无论哪一方面的研究，都离不开实验。我们这样说，并不是轻视理论的研究。实验的研究，可以验证理论和发展理论，而理论的研究，又可以进一步深化实验的研究，实验与理论是密切相关的，但是由于化学运动的复杂性，化学是一门实验性较强的科学。无论是理论的研究，还是实验的研究，总是为了控制化学反应，为进行化学反应或阻止化学反应选择最好的条件。这样，我们可以从天然资源中提取所需的物质，或者用人工方法制取所需的物质。因此，化学研究的最终目的是为生产和生活服务，为社会主义建设服务。

二、化学发展的概况

“科学的发生和发展过程，归根到底是由生产所决定的”（恩格斯《自然辩证法》）。化学起源于几个古代技术先进国家，不是偶然的。我国是文明古国之一，为了适应当时生产的发展，在公元前就有了金属冶炼，冶铜技术在商周时代已达到相当高的水平，春秋时期又有了生铁的生产。与日常生活有关的工业，发展亦很早。约在4000年前就有了酿酒，到了商周时代，酿酒已蔚然成风。染色随纺织业而发展起来，古代所用的染料，从植物中提取加工制成，所以诗经上有“终朝采兰，不盈一襜”的描述。到了秦汉，染色已成为一个独立手工业，根据长沙马王堆一号汉墓出土织物的分析，彩色印染共有36种色象，反映当时的染色达到相当高的水平。至于汉代的造纸术，隋唐时代的火药，汉唐以来的陶瓷工业，更是具有世界意义的重大发明。在生产实践中，随着感性知识的积累，对物质的认识也加深了。在战国时期，我国提出了金木水火土五行学说，即把金木水火土看成构成万物的五种基本物质。实际上，这是元素论的萌芽，尽管当时的元素不是现代科学中的元素，但把万物看为由一些元素所构成的思想，这是唯物主义对物质的认识。并且当时从事物相互对立又相互联系的现象，提出了阴阳学说，这也是朴素的辩证思想。

“化学”一词的来源，常追溯到阿拉伯语的 $\text{al-kim\hat{i}ya}$ ，由它转化为欧洲语的 Alchemy ，再由它衍生法语的 $\text{Ch\hat{i}me}$ 、德语的 Chemie 和英语的 Chemistry 。但 $\text{al-kim\hat{i}ya}$ 一词由我国的炼丹术衍生的，我国是炼丹术出现最早的国家，在战国至秦汉时期就有炼丹术。在公元八世纪后，我国的炼丹术经过通商转入波斯（现在的伊朗），其后传入欧洲。在炼丹时期制取了一些化合物如 HgO 、 Hg_2Cl_2 、 HgCl_2 等，并且建立了蒸馏、升华、热分解、置换等实验技术和实验装置，为古代化学的发展做出了很大的贡献。由于我国长期处于封建社会，生产力受到束缚，加之后来炼丹家的工作局限为封建统治阶级服务，寻找使人长生不老的“哲人石”，严重脱离生产实践，从此，炼丹工作未得到进一步发展。

我国的炼丹术传入阿拉伯和欧洲后，促进了阿拉伯和欧洲的炼金术的发展。最初为“实

物彼此相互转变”的原理所支配，妄图使铜和贱金属转变为金。到了16世纪，欧洲由于生产力的发展，社会结构有些改变，资本主义开始萌芽。为了发展生产和促进贸易，从而对化学在生产和生活上提出了很迫切的要求，这时的炼金术向有实际意义的医药方面发展，制取了较复杂的一些化合物，并且有了酸、碱、盐、元素、化合物等概念。

到了17世纪，由于生产上的需要，冶金方面有很大的发展，化学家的注意力集中于燃烧反应上，产生了燃素学说。这个学说认为，一切燃烧的物质都含有一种特殊物质称为燃素。物质燃烧时，所含的燃素便放出去。不含燃素的物质（如矿石）遇到燃烧的物质（如木炭），可以得到燃烧的物质（如金属）。在当时，化学中普遍地应用了这个学说，并以此说明那时所积累的化学实验材料。到了18世纪中叶，质量守恒定律建立，由此奠定了以定量方法研究化学反应的基础，并且由于一些气体如氢气、氯气特别是氧气的发现，认识到物质的燃烧是物质与空气中的氧气所起的化合反应，于是统治化学界达百余年久的燃素学说，至此被推翻了。

19世纪为近代化学奠定了基础。从18世纪中叶以来，在研究化学现象中，通过对实验材料的分析和归纳，陆续建立了一些规律，除上面所指的质量守恒定律外，还有当量定律、定比定律、倍比定律等。1803年英国化学家道尔顿（J. Dalton）认真分析了空气的组成，并在总结前人对物质认识的基础上，提出了原子学说，合理地解释了这些规律。原子学说的建立，标志着化学的新时代的开始。1808年法国化学家盖吕萨（J. L. Gay-Lussac）在总结气体反应的实验基础上，又提出了气体反应的体积比定律，这时如何应用道尔顿原子学说来说明这个规律，成为当时的争论问题。1811年意大利物理学家阿佛加德罗（A. Avogadro）提出了分子概念，指出在游离状态下的单质或化合物能独立存在的最小质点是分子，分子是由原子组成的。阿佛加德罗的分子概念，本来是道尔顿原子学说的补充和发展，以此可以满意地说明气体反应的体积比定律。可是当时并未为道尔顿本人以及一些化学家所公认，使之埋没了近半个世纪。直到1860年才受到重视，从而建立了原子分子学说。随着科学的发展，新技术亦不断涌现。19世纪初已用电解方法制取金属，并且应用了分光镜的分析方法，因此发现了许多新元素，到了1869年，所发现的元素已有63种。对于各种元素的物理和化学性质的研究资料，也累积得相当丰富，但是这些材料是多而杂，缺乏系统，从其中找出规律性的东西，就成为人们所关注的问题。1869年俄国化学家门捷列夫（Д. И. Менделеев）提出了元素周期律，并且把元素排成周期表，证明各种元素各种不同原子间不是彼此孤立的，这预示着人类的认识将深入到原子结构的水平。

由于化学研究向深入和广泛方面发展，内容越来越丰富，从19世纪末到20世纪初，化学分成多种学科，它们的分工大致如下：

无机化学研究碳化合物以外的所有元素的单质和化合物，其中也包括少数的简单的含碳化合物。

有机化学研究碳化合物，即碳氢化合物和其衍生物。

分析化学研究物质的化学组成的鉴定、测定方法和测定原理。

物理化学从物理运动与化学运动相联系入手来探索化学变化的规律。由于不同学科间的相互渗透以及化学在各方面的应用，又有一些边缘学科和应用学科如生物化学，地球化学，工业化学等。

从本世纪二十年代以来，化学的发展，更是蓬蓬勃勃。在理论方面，继原子分子学说和元素周期律之后，化学结构理论如价键理论、分子轨道理论、晶体场理论以及晶体结构的规

律等相继建立，并且还在不断地发展。在实验技术方面，化学元素或组份的分析以及分子结构、晶体结构、表面化学结构等的测定，不断涌现新的分析测试技术，其发展亦方兴未艾，从而大大促进化学科学更加精密化。在化工生产方面，以高分子化学为基础的橡胶、塑料和纤维三大合成，以石油和天然气为原料的石油化工，都迅速发展起来，成为国民经济中的一个重要生产部门，并且推动分析化学的发展和催化理论的研究。现代的化学，由于与数学、物理、生物学等学科间的相互渗透而加速其发展，其发展的趋势，正由描述性的科学向推理性的科学过渡，由主要是定性的科学向定量的科学发展，由宏观的研究深入到微观的科学。一个比较完整的、理论化的、定量化的、微观的新体系，将在各门化学学科中逐渐形成。随着科学的发展，化学科学的分工日趋精细，学科间的相互渗透，更为深入。无机化学是化学发展中的一门最早学科，近年来亦有很大的发展。从1940年开始利用核反应合成镎和钚以来，依次合成了其他的锕系元素，目前已把元素扩展到109号。稀有气体过去认为在化学上是惰性的，近年来已合成了氙氙等的一系列化合物。以气体分子为配合物的配体，近年来不仅对羰基或氧化氮等为配体的配合物的合成以及其结构和性能做了大量的研究，还合成了以氮分子和氧分子为配体的配合物，并且正在用以探讨在常温下固定氮和生理上传递氧的作用机理。有机金属化合物是金属元素与碳成键的化合物，这类化合物的品种繁多，天然的如血红蛋白和维生素B₁₂等，人工合成的亦很多，二茂铁的合成，更引起人们对其他过渡元素的夹心化合物的研究。这类化合物的用途亦很广，有的是有机试剂，有的用于医药方面，有的用于有机合成。近年来对它们的结构和性能的研究，无论在理论上或实际上都是有价值。此外，对于金属原子簇配合物、硼氢化合物等领域也有重大的发展。因此，无机化学按照其自身的发展而有新的分工。目前在无机化学范畴内所划分的学科，已有普通元素化学、稀有元素化学、配合物化学、同位素化学等等。按照各学科间的渗透和生产上的需要，还设立一些与无机化学有关的边缘学科。在有机化学与无机化学之间设立有机金属化学，上面提及的有机金属化合物就是这门学科的研究对象。有机金属化合物具有有机功能性和无机功能性两个方面，要深入阐明其本质和充分发挥其功能，需要有机化学和无机化学相结合。在无机化学与生物学之间设立无机生物化学，这一边缘学科是以无机化学原理用于解决生物化学中的一些问题。在很多的生命过程中，金属起着核心的作用，例如氮的固定、光合作用、氧的输送和贮存、能量转变以及许多生物酶，它们的功能皆涉及金属元素与生物体内物质的化学反应。对于这些反应的深入研究，不仅加深对生命现象的了解，而且对生产技术的发展有重要作用。在无机化学与物理学之间设立无机固体化学，用于研究一些特殊性能的材料。因此现代科学技术如空间技术、激光、能源、计算机、电子技术等皆需要特殊性能的新材料，而这些材料大多是无机物质，对于它们的制备以及从本质上阐明其特殊性能，有着很重要的实际意义。

三、化学在社会主义建设中的作用

解放前，我国处于半封建半殖民地的社会，我国的化学和化学工业长期停滞不前，濒于奄奄一息的状态。新中国成立后，开始我国历史的新纪元，为化学和化学工业的发展也开辟了新天地。在党和政府的重视下，化学工业有了很大的发展，不仅扩建或改进了规模较小的化工厂，而且新建了规模较大的化工基地，使化学肥料、农药、硫酸、纯碱、烧碱、有机合成材料等重要产品有了大幅度增产。尤其是大庆等油田的开发和石油加工系统的建立，完全改变了旧面貌，结束了依赖“洋油”的历史。化学的研究亦有很大的发展，无论在化学

合成或理论研究上，都有自己的贡献。特别值得称道的，1965年我国首先合成了蛋白质—结晶牛胰岛素，1981年我国又合成了化学结构与天然物相同的核糖核酸，为人工合成生命物质迈开了新的一步。当前我国正在进行四化建设，化学更应起重要的作用。

农业是国民经济的基础，化学为农业生产服务所起的作用日趋重要。为农业生产提供更多的优质化肥，开发新农药的研制，是当务之急。此外，如生长刺激素和防莠剂的生产，农副产品的保藏和加工，这些对于促进农业现代化都是有意义的。

在国民经济建设中，能源是一个重要问题，一方面要开发新能源的研究，以满足工业发展的需要，另一方面要克服在能源上的浪费。因此，天然气的利用，煤的综合利用，石油产品的加工等等，固然与化学有关。新能源的开发，化学亦有其作用，如氢能源的研究，举世所瞩目，从事这项研究者大都是化学家。

现代工业（包括能源和国防）的发展，在一定程度上依赖于材料，这不仅要改进一些常规材料的性能，而且要发明和研制一些具有特殊性能和功能的新材料。材料不外是金属材料、无机非金属材料和高分子材料。因此，在研制工业上所需的耐高温、耐高压、耐摩擦、耐腐蚀的材料方面，在研制太阳能利用中所需的光—热转换和光—电转换的材料以及光纤通讯所用的无机光导纤维材料和其他新材料方面，在研制取代原有材料如天然纤维、有色金属、木材、纸张、皮革等方面，化学都有其重要地位。

随着工业的发展,水和空气的污染,必须首先予以解决,环境科学与化学更是密切相关。在生命化学上,我国对于大分子生命物质的合成,已作出了贡献,今后还应配合生物化学从事各方面的研究。

总之，化学在我国社会主义建设中具有重要的作用。胡耀邦同志在十二大报告中指出：“团结全国各族人民，自力更生，艰苦奋斗，逐步实现工业、农业、国防和科学技术现代化，把我国建设成高度文明、高度民主的社会主义国家”。在这大好形势下，我们化学工作者应以实际行动投入这场战斗，为实现四化建设，为促进化学学科的发展而共同奋斗。

第一章 化学的基本概念和气体定律

化学的一些基本概念和气体定律，是人们对大量化学现象和化学事实进行研究后的概括。在化工生产、科学实验或化学教学中，这些概念和定律，常用来分析有关化学方面的问题以及进行化学的定量计算。因此，有必要在中学已学知识的基础上作进一步地讨论。

由于化学的概念和定律是在一定的条件下，根据客观事实而建立起来的。所以在学习这些概念定律时，除必须理解它们的内在含意外，还应注意它们各自的适用范围，以及相似概念之间的区别和联系。

第一节 分子和原子

1-1 分子

化学以物质作为研究对象。物质不仅处于不停地运动之中，而且是无限可分的。但是，在整个不可穷尽地分割过程中，有若干个不同质的分割阶段，每个阶段就叫做一个层次。也就是说，在物质的无穷分割系列中，包含着若干不同质的分割层次。例如，1升纯水在分割的过程中，有一个可以保持水的化学性质不变的分割极限，此时所得到的微粒也会具有一定的体积和一定的质量，并且能够独立存在，我们把它叫做水分子。可见，**分子是保持原物质化学性质的一种微粒**。在由分子组成的物质中，“分子……是在分割的无穷系列中的一个‘关节点’，它并不结束这个系列，而是规定质的差别”（《马克思、恩格斯全集》，人民出版社（1972），P. 309）。对于不同的物质来说，其分子的大小、质量各不相同，化学性质也不相同。

分子并不保持原物质的宏观物理性质，因为宏观物理性质是大量同种分子一种聚集状态的反映，而不是一个分子的性质。例如，水的密度（ ρ ）为 $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ （ 4°C ），它是指 1cm^3 的体积中，许许多多个水分子的质量总和为 1g 。

1-2 原子

分子还可再分割成比它更小的微粒。假如我们作如下的实验：把世界上各个地方的水都取样分别进行电解，结果都只得到氢气和氧气两种物质，即产物为氢分子和氧分子。若将电解所得到的氢气和氧气混和后燃烧，也都只生成水一种物质，即产物为水分子。并且一定量的水分解得到一定量的氢气和氧气，再将这一一定量的氢气和氧气化合，结果生成与原来等量的水。上述实验表明，两个反应能够进行的基础是由于反应物分子（水分子或氢分子和氧分子），可分割成为上一个层次的更小微粒，后者再以一定的形式和比例组合成相应产物的分子。这种属于分子进一步分割的下一层次的更小微粒的称为**原子**。

原子和分子都是构成物质的微粒，二者之间既有联系，但又有本质的区别。分子是由原子组成的，分子反映物质的化学性质，可以独立存在；原子则不一定反映物质的化学性质，一般不能独立存在。在化学反应中，原子间由于重新组合，一种分子可以变成另一种分子，但原子在化学反应中却不会转变成别种原子。因此，**原子是物质进行化学反应的一种基本微粒**。

原子作为基本微粒，只是对化学反应而言，并不意味着是构成物质的最终微粒。实际上原子还可以进一步分割为比它更小的质子、中子和电子等等。到目前为止，人们已经发现