

医学基础系列教材

YIXUE JICHU XILIE JIAOCAI

基础 化学

JICHU HUAXUE

主编 胡常伟



四川大学出版社

医学基础系列教材

基础化学

主 编 胡常伟

副主编 刘 娅 卿笑天
宋一林 聂咏飞

编者 (以姓氏笔画为顺)

刘 娅 (四川大学)

李桂英 (四川大学)

宋一林 (昆明医学院)

骆 鑫 (四川大学)

胡常伟 (四川大学)

聂咏飞 (泸州医学院)

卿笑天 (川北医学院)

章小丽 (昆明医学院)

简 虹 (昆明医学院)

四川大学出版社

责任编辑:胡兴戎 卢志云

责任校对:卢志云

封面设计:罗 光

责任印制:李 平

图书在版编目(CIP)数据

基础化学 / 胡常伟主编. —成都: 四川大学出版社,
2003.9

ISBN 7-5614-2692-5

I. 基... II. 胡... III. 化学-医学院校-教材
IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 085296 号

书名 基础化学

主 编 胡常伟

出 版 四川大学出版社

地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)

印 刷 郫县犀浦印刷厂

发 行 四川大学出版社

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 26

字 数 629 千字

版 次 2003 年 9 月第 1 版

印 次 2003 年 9 月第 1 次印刷

印 数 0 001~3 000 册

定 价 39.00 元

◆读者邮购本书, 请与本社发行科
联系。电 话: 85408408/85401670/
85408023 邮政编码: 610065

◆本社图书如有印装质量问题, 请
寄回出版社调换。

◆网址: www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

前 言

化学是一门中心的、实用的、创造性的学科，是医学、药学、材料科学、生命科学、信息科学、能源科学及技术等的基础。基础化学是医学、药学类本科学生的一门必修基础课程。本书根据教育部 2000 年以来规定的总学时数，针对医学、药学类本科学生对化学基本知识、基本技术和基本方法的需求和学时分配，整合了无机化学、分析化学和物理化学的相关知识编写而成，力求让学生在较少的学时内对化学知识体系有一个较为全面的了解。对于医学、药学类学生而言，基础化学是其学习后续课程及从事医学、药学研究必备的基础。为了适应新世纪对具有全面素质的创新型医学、药学类人才的要求，本书在编写过程中力求内容达到先进性、基础性和科学性的统一，在保证基础化学的基本原理、基本技术和基本方法的前提下，注意化学与医学、药学的紧密联系，介绍化学在这些学科中的应用。本书可以作为高等学校医学类、药学类及相关专业本科学生的教材，也可作为相关教师的参考资料。书中有部分加深内容，供主讲教师参考，也供学有余力的同学自学。

在使用本书作为教材时，教师可以根据学生的实际，在保证课程基本要求的前提下，对内容进行取舍，对相关知识的教授顺序进行调整。

参加本书编写工作的有胡常伟（四川大学，第一章），李桂英（四川大学，第二章、第三章），聂咏飞（泸州医学院，第四章、第九章），刘娅（四川大学，第五章、第十章），简虹（昆明医学院，第六章部分），骆鑫（四川大学，第七章、第十二章、第十四章部分、附录），卿笑天（川北医学院，第八章、第十一章、第十四章部分），章小丽（昆明医学院，第十三章部分），宋一林（昆明医学院，第六章部分、第十三章部分）。

四川大学出版社对本书的出版给予了极大的支持和帮助，编者对此表示深深的感谢。

限于编者的水平，本书难免存在不当甚至错误之处，恳请专家和相关师生提出宝贵意见，以便订正。

编 者

2003 年 6 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
一、化学在人类社会发展中的作用	(1)
二、化学与医学、药学	(2)
三、怎样学好基础化学	(2)
第二章 原子结构	(4)
第一节 原子的概念	(4)
一、古代的原子概念	(4)
二、近代的原子论	(4)
三、现代原子模型	(5)
第二节 微观粒子的运动特征	(6)
一、微观粒子的波粒二象性	(6)
二、海森堡测不准原理	(7)
三、薛定谔方程——电子运动的波动方程	(8)
第三节 氢原子结构的量子力学描述	(9)
一、波函数	(9)
二、量子数	(10)
三、几率密度和电子云	(14)
四、波函数的空间图像	(16)
第四节 多电子原子结构和元素周期表	(20)
一、多电子原子的能级	(20)
二、核外电子排布的原则	(24)
三、原子的电子层结构和元素周期系	(27)
四、元素基本性质的周期性	(34)
习题	(41)
第三章 分子结构	(43)
第一节 价键理论及其发展	(43)
一、用量子力学处理氢分子	(43)
二、现代价键理论的基本要点	(44)
三、共价键的特点	(45)
四、共价键的类型	(45)
第二节 杂化轨道理论	(46)
一、杂化轨道理论的基本要点	(47)
二、杂化轨道的类型与分子的空间构型	(47)

第三节 价层电子对互斥理论	(49)
一、价层电子对互斥理论的基本要点	(49)
二、利用 VSEPR 法判断共价分子空间构型的一般规则	(50)
第四节 分子轨道理论	(51)
一、分子轨道理论的要点	(52)
二、分子轨道理论应用实例	(55)
第五节 分子间作用力和氢键	(58)
一、分子的极性与分子的极化	(58)
二、van der Waals 力	(59)
三、氢键	(61)
习题	(62)
第四章 化学热力学	(63)
第一节 热力学的一些基本术语	(63)
一、系统、环境和过程	(63)
二、状态函数	(64)
三、系统的广度性质和强度性质	(64)
四、热和功	(64)
第二节 热力学第一定律	(67)
一、内能	(67)
二、热力学第一定律概述	(68)
第三节 Hess 定律和反应热	(68)
一、化学反应的热效应	(68)
二、等压反应热和等容反应热	(69)
三、反应进度与热化学方程式	(70)
四、Hess 定律和反应热的计算	(72)
第四节 热力学第二定律	(76)
一、自发过程	(77)
第五节 热力学第三定律和 Gibbs 自由能	(79)
一、热力学第三定律及规定熵	(79)
二、熵增原理	(80)
三、系统的自由能	(81)
第六节 化学反应的限度和化学平衡	(85)
一、平衡常数	(85)
二、用标准平衡常数判断自发反应的方向	(88)
三、化学平衡的移动	(91)
四、生物体内的热力学	(94)
习题	(95)
第五章 化学动力学	(97)

第一节 动力学的一些基本术语	(97)
一、化学反应速率	(97)
二、化学反应机理	(100)
三、基元反应和非基元反应	(100)
四、反应分子数	(101)
第二节 化学反应速率理论简介	(101)
一、碰撞理论	(101)
二、过渡态理论	(103)
第三节 浓度对化学反应速率的影响	(105)
一、质量作用定律	(105)
二、反应级数和速率常数	(106)
三、具有简单级数的反应	(109)
第四节 温度对化学反应速率的影响	(112)
一、温度对反应速率影响的原因	(112)
二、Arrhenius 方程	(113)
第五节 催化剂对化学反应速率的影响	(114)
一、催化剂	(114)
二、催化作用的基本特性	(116)
三、生物催化剂——酶	(117)
习题	(118)
第六章 化学实验数据处理	(120)
第一节 实验结果的误差	(120)
一、误差的来源和分类	(120)
二、误差的表示方法	(121)
三、误差的传递	(123)
四、提高分析结果准确度的方法	(126)
第二节 有效数字及其运算规则	(127)
一、有效数字	(127)
二、有效数字的修约规则	(128)
三、有效数字的运算规则	(128)
第三节 少量数据的统计处理	(129)
一、 t 分布曲线	(129)
二、平均值的置信区间	(131)
三、显著性检验	(132)
四、异常值的取舍	(134)
阅读材料	(136)
分析结果系统误差存在的判据	(136)
一、和标准样或人工合成样来判别	(136)
二、用国家颁布的标准分析方法或经典分析方法作对照判别	(137)

三、用“标准加入回收”法进行判别·····	(137)
习题·····	(138)
第七章 溶 液 ·····	(140)
第一节 溶液的简单分类·····	(140)
第二节 溶液的组成标度·····	(141)
一、溶液组成标度的表示方法·····	(141)
二、溶液组成标度的有关计算·····	(147)
第三节 稀溶液的依数性·····	(148)
一、溶液的蒸气压下降·····	(149)
二、溶液的沸点升高和凝固点降低·····	(152)
三、溶液的渗透压力·····	(156)
第四节 渗透压力在医学中的意义·····	(160)
一、渗透浓度·····	(160)
二、高渗、低渗和等渗溶液·····	(161)
三、晶体渗透压力和胶体渗透压力·····	(162)
第五节 电解质溶液·····	(163)
一、强电解质和弱电解质·····	(163)
二、电解质溶液的依数性·····	(165)
三、强电解质溶液理论·····	(166)
习题·····	(169)
第八章 酸碱平衡 ·····	(172)
第一节 酸碱概念的简单回顾·····	(172)
一、Arrhenius 酸碱电离理论·····	(172)
二、Brönsted 与 Lowry 酸碱质子理论·····	(173)
三、Lewis 酸碱电子理论·····	(173)
四、Pearson 软硬酸碱理论·····	(174)
第二节 酸碱质子理论·····	(174)
一、酸碱质子理论的基本要点·····	(174)
二、水的质子自递平衡·····	(178)
三、共轭酸碱解离平衡常数之间的关系·····	(180)
四、酸碱平衡移动·····	(181)
五、酸碱溶液的质子条件·····	(183)
第三节 溶液 pH 值的计算·····	(186)
一、一元弱酸、弱碱溶液 pH 值的计算·····	(186)
二、多元弱酸、弱碱溶液 pH 值的计算·····	(189)
三、两性物质溶液 pH 值的计算·····	(191)
第四节 酸碱电子理论·····	(193)
第五节 酸碱滴定·····	(195)

一、滴定分析概述	(195)
二、酸碱指示剂	(199)
三、滴定曲线及指示剂的选择	(201)
四、酸碱标准溶液	(209)
五、酸碱滴定法的应用	(211)
习题	(214)
第九章 缓冲溶液	(217)
第一节 缓冲溶液及其缓冲作用	(217)
一、缓冲溶液的组成及作用机制	(217)
二、缓冲作用的机制	(218)
第二节 缓冲溶液的 pH 值的计算	(219)
一、Henderson - Hasselbalch 方程式	(219)
二、缓冲溶液 pH 值计算公式的校正	(222)
三、影响缓冲溶液 pH 值的主要因素	(223)
第三节 缓冲容量和缓冲范围	(224)
一、缓冲容量	(224)
二、缓冲范围	(226)
第四节 缓冲溶液的配制	(227)
一、缓冲溶液的配制方法	(227)
二、常用缓冲溶液	(229)
第五节 缓冲溶液在医学中的意义	(231)
一、血液中的缓冲系	(231)
二、缓冲溶液在药剂生产中的应用	(233)
阅读材料	(233)
缓冲溶液与化妆品	(233)
习题	(234)
第十章 沉淀溶解平衡	(236)
第一节 溶度积	(236)
一、沉淀溶解平衡概述	(236)
二、溶度积常数	(236)
三、溶度积与溶解度的关系	(238)
第二节 溶度积规则及其应用	(240)
一、溶度积规则	(240)
二、溶度积的应用	(241)
第三节 沉淀滴定	(249)
一、莫尔法	(249)
二、佛尔哈德法	(250)
三、法扬司法	(251)

习题	(252)
第十一章 氧化还原平衡	(254)
第一节 氧化还原反应的基本概念	(254)
一、氧化值(数)	(254)
二、氧化还原反应	(255)
三、氧化还原方程式的配平	(256)
第二节 原电池	(257)
一、原电池的概念	(257)
二、电极类型	(259)
第三节 电极电位	(260)
一、产生电极电位的原因	(260)
二、标准电极电位	(261)
三、标准电极电位表	(263)
四、电极电位表达式——Nernst 方程式	(265)
第四节 元素标准电位图	(267)
一、某些金属元素的标准电位图	(267)
二、某些非金属元素的标准电位图	(268)
三、元素标准电位图的应用	(270)
第五节 影响电极电位的因素	(272)
一、组成标度对电极电位的影响	(272)
二、溶液酸度对电极电位的影响	(273)
三、沉淀的生成对电极电位的影响	(274)
四、配合物的生成对电极电位的影响	(274)
第六节 电极电位和电池电动势的应用	(275)
一、判断氧化还原反应进行的方向	(275)
二、判断氧化还原反应进行的程度	(279)
三、计算某些非氧化还原反应的平衡常数	(280)
四、溶液 pH 值的测定	(281)
第七节 氧化还原滴定	(284)
阅读材料	(290)
离子选择性微电极	(290)
一、离子选择性微电极的测量原理	(291)
二、离子选择性微电极的类型	(292)
三、离子选择性微电极在临床医学和医学检验中的应用	(293)
习题	(294)
第十二章 配位平衡	(296)
第一节 配位化合物的基本概念	(296)
一、配位化合物的特征和定义	(296)

二、配位化合物的组成	(298)
三、配位化合物的分类	(300)
四、配位化合物的命名	(300)
第二节 配位化合物中的化学键理论	(302)
一、价键理论	(302)
二、晶体场理论	(306)
第三节 配位平衡	(316)
一、配位平衡常数	(316)
二、配位平衡的移动	(319)
第四节 螯合物和螯合滴定	(326)
一、螯合物	(326)
二、配合物的应用	(329)
习题	(334)
第十三章 可见—紫外分光光度法	(337)
第一节 分光光度法基本原理	(337)
一、光的性质和物质的颜色	(337)
二、光的吸收定律	(338)
三、吸收光谱	(340)
第二节 可见分光光度法	(341)
一、分光光度计	(341)
二、测定方法	(343)
第三节 分光光度法的误差和测定条件的选择	(345)
一、分光光度法的误差	(345)
二、测定条件的选择	(345)
第四节 紫外分光光度法	(347)
一、紫外—可见分光光度计	(347)
二、紫外分光光度法的应用	(348)
阅读材料	(350)
分光光度计的进展	(350)
习题	(351)
第十四章 胶体溶液	(353)
第一节 分散系统和胶体分散系	(353)
一、分散系统及其分类	(353)
二、胶体分散系	(353)
第二节 界面现象	(354)
一、表面能与表面张力	(354)
二、吸附现象	(356)
第三节 溶胶	(363)

一、溶胶的制备和净化·····	(363)
二、溶胶的基本性质·····	(364)
三、溶胶的稳定性和聚沉作用·····	(370)
四、气溶胶·····	(371)
第四节 高分子溶液·····	(372)
一、高分子化合物的结构特征·····	(372)
二、高分子溶液与溶胶性质的比较·····	(373)
三、聚电解质溶液·····	(374)
四、高分子化合物对溶胶稳定性的影响·····	(376)
五、凝胶和膜平衡·····	(377)
习题·····	(380)
附录·····	(381)
附录一 我国的法定计量单位·····	(381)
附录二 一些物理和化学的基本常数·····	(383)
附录三 平衡常数表·····	(384)
附录四 一些物质的基本热力学数据·····	(390)
附录五 一些标准电极电位 (298.15 K) ·····	(394)
附录六 希腊字母表·····	(399)
附录七 一些化合物的摩尔质量·····	(400)
参考文献·····	(404)

第一章 绪 论

一、化学在人类社会发展中的作用

化学是在原子、分子或分子以上层次研究物质的组成、结构、性质及其变化的科学。正是化学运动造就了整个自然界和人类社会。宇宙由其大爆炸前的混沌状态，发展到今天丰富多彩的有序状态，尤其是人类本身的进化和发展，其重要基础之一就是化学变化。

人类对化学运动的认识水平、对化学知识的运用程度，均与人类和人类社会自身的发展水平密切相关，对化学的认识水平越高，对化学知识的利用水平越高，人类的发展水平就越高。由猿进化到人，是由于人类祖先学会了使用燃烧反应（氧化反应）、学会了使用火为自身服务。由于人类学会了应用还原反应，学会了利用矿石炼铜、炼铁、冶炼金属合金，学会了利用低分子化合物的聚合反应，人类社会才由此经历了铜器时代、铁器时代和聚合物时代。目前，信息和生命科学对我们这个时代十分重要，而这两门学科的发展与化学的发展密切相关。因此，可以说，化学的每一次重大进步都会促成人类社会的划时代的巨大进步。

化学是一门中心性学科。它不仅是认识世界的基础科学，而且也是创新知识，尤其是创新物质的基础科学，在自然科学中处于中心地位，对世界科学技术和经济的发展起着至关重要的作用。世界科学的中心所在地与该地区化学的发展和先进程度密切相关。第一次世界大战以前，英国兴旺的基础是化学的发达，尤其是以制碱法为核心的化学工业的巨大发展，因此当时世界科学的中心在英国；第一次世界大战以后，德国大力发展了以煤化学化工为代表的化学工业技术，该工业技术革命的结果使世界科学的中心由英国转移到了德国；第二次世界大战后，美国依靠以石油化工为代表的技术创新，使科学中心由德国转移到了美国。第二次世界大战后，日本经济完全陷于瘫痪，数以万计的原子弹受害者在呻吟，几千万人失业，大批工厂倒闭，连政府职员也吃不饱饭，可是，仅过了 30 年，这个资源贫乏的岛国就一跃成为世界第二经济大国，其奥秘何在？这是因为日本政府在如下几个方面开展了卓有成效的工作：（1）大力发展化学联合企业，从美国引进尿素生产技术，在消化、吸收的基础上加以创新，使其技术水平超过美国，向 20 多个国家输出成套设备；（2）用化学方法强化钢铁工业，强大的钢铁工业又支撑了其他工业；（3）大力发展高技术材料化学的研究和应用，如半导体材料、光电材料、电声材料、光学材料、信息调制材料、磁性材料、显示材料等的研究和应用，促成其相关产品向世界各地出口。所有这些均与化学的发展密切相关。

化学是一门实用性学科。人类的衣、食、住、行、用，以及保持身体健康等都离不开化学。化学利用天然资源生产大量的化肥、农药、农膜、塑料（酚醛塑料）、纤维（尼龙-66）、橡胶（氯丁橡胶）、钢铁、水泥等，用以满足人类社会的各种需要。化学工业生产

出各种产品，以弥补天然资源的不足，如氨的合成对当代农业和其他产业极为重要；化学工业还创造出自然界没有的产品（如我们日常生活中使用的各种聚合物），以满足人类社会的需要。

化学是一门创造性学科。人们利用化学知识和化学技术创造新分子、新物质。在创造新分子、新物质的过程中，化学家需要创造性地发展新理论和新方法，并利用这些新理论和新方法合成自然界已有的和没有的物质。

二、化学与医学、药学

化学与医学和药学有十分密切的关系，在疾病预防和治疗中起着重要作用。早在 16 世纪，欧洲化学家就提出了化学要为医治疾病制造药物。1800 年，英国化学家 Davy 发现一氧化二氮具有麻醉作用，后来新的麻醉剂乙醚被发现，大大减轻了人们在外科手术、牙科手术等中的痛苦。化学已为治疗疾病研究、制备了无数的药物，现在临床使用的大部分药物都是通过化学方法制造的。当前，人类仍然面临一些医学上的不治之症，需要利用化学知识和化学技术来合成新药，以治疗它们，使其变为可治之症。另外，目前使用的一些药物虽有较好的疗效，但也有一些副作用，因此需要利用化学的知识和技术来改造这些药物，以增强其药效，减少直至消除其副作用。经常使用的某些药物可能会存在耐药问题，人们需要利用化学知识来研究、制备新药以解决这一问题。要治疗疾病，首先必须诊断，可利用化学方法和化学仪器分析方法来快速、灵敏、准确地分析和检测人的血液、大小便、细胞等，为疾病的确诊提供科学有效的依据。例如，协助诊断“严重急性呼吸道综合征（SARS）”的 SARS Coronavirus 核酸扩增荧光检测试剂盒，就综合应用了核酸扩增、TaqMan 荧光等技术，对血清/血浆标本中的 SARS Coronavirus 核酸进行检测。近几十年来，化学取得了长足的进步，其重大进展之一就是对生物大分子（主要是核酸和蛋白质）的研究取得了重大突破，由此形成了一门新兴的学科——分子生物学。分子生物学的发展，使人们对生命现象的认识深入到了分子水平，对医学和其他相关生命学科产生了重大影响。例如，化学家成功地实现了核酸的合成和发展了色谱分离技术，而正是这两项进展才促成了关于 DNA 的研究。化学家证明了作为生物遗传物质的基因（gene）就是脱氧核糖核酸（DNA），人们用新的化学方法来测定基因的分子结构，通过改变这些结构以制造不同的基因。

三、怎样学好基础化学

转变角色，学好高等基础化学。大学学习与中学学习有很大的不同，同学们需要根据大学学习的特点，尽快完成角色转变，适应大学的学习。高等基础化学有着与初等化学不相同的特点，我们要从原来习惯的利用决定论的牛顿力学思想体系观察和分析问题，改变为利用概率论的统计的思想来观察和分析化学问题，不仅要注意观察分析宏观现象，而且要从微观上认识 and 解释这些现象。这就决定了我们在学习高等化学时，要采用与中学学习不一样的方法。

课堂教学是教学工作中不可取代的重要教学过程。大学学习十分注重自学，且我们现

在甚至可以通过网络等获取世界上一些著名大学的名师的教案；但课堂教学这种面授方式仍然是大学教学过程中的一个十分重要的、必不可少的环节，具有不可替代的作用，所以一定要重视课堂学习。在课堂学习中，教师讲授的内容包含有其自身的学习和教学经验、科学研究中对相关问题的体会等多年的积累，这些是不能从书本上或者教案中获得的。讲授内容经过主讲教师精心组织，突出重点和化解难点，易于同学们接受。对有些讲授内容的比拟、分析、推理和归纳会很生动和深刻，有助于同学们理解、吸收。学生听课时要紧跟教师的思路，积极思考，产生共鸣，特别要注意教师提出问题、分析问题和解决问题的思路和方法，从中受到启发。听课时还应适当做笔记，重点地记下讲课内容，以备复习、回味和深入思考。

预习和复习是大学学习中必不可少的学习环节。要学好基础化学，必须做好预习。在学习每一章之前，最好通览一下整章内容，对全章的概貌有一个全面的认识，对重点内容和知识难点有一定了解，以便听课时有的放矢，重点学习。学习从一开始就要争取主动，安排好学习计划，提高学习效率。课后的复习是消化和掌握所学知识的重要过程。本课程的特点是理论性强，且有一个全新的理论体系，有的概念比较抽象，与我们日常所见不能类比，故不能期望一听就懂、一看就会，要经过反复的思考和体会，并应用一些原理去说明或解决一些问题，才能逐渐加深对基本理论和基本要领的理解和掌握。做练习有利于深入理解、掌握和运用课程内容。要重视书本例题和解习题过程中的分析方法与技巧，努力培养独立思考和分析问题、解决问题的能力。

通过自学可以扩展视野。提倡学生进行自主学习、培养自学能力是大学学习的重要环节之一。除预习、复习和做练习外，阅读课外参考书刊，尤其是阅读一些原版原文书刊进行研究性学习，是自学的重要内容之一，也是培养综合能力和创造精神的极好方法。只读教材课本，思路难免受到限制；如能查阅参考文献和书刊，不但可以加深对课程内容的理解，还可以扩大知识面，活跃思想，提高学习兴趣。大学阶段一定要养成这个习惯。

训练实验动手能力，培养科学方法。实验是化学学科的重要特点，因此实验教学是化学教学的重要组成部分，是理解和掌握课程内容，学习科学实验方法，培养动手能力的重要环节。学生在实验前要预习实验内容，做到明确实验原理、目的和步骤。实验完毕要认真处理实验数据，分析实验现象和问题，进行归纳总结，得出正确结论，写好实验报告。通过实验，培养严谨、求实的科学态度，锻炼科学研究的基本技能。鼓励学生在本课程学习中，努力实践研究性学习，进行创新性探索，竭力提高全面素质。

(四川大学 胡常伟)

第二章 原子结构

恩格斯曾经指出，化学就是关于原子运动的科学。要说明和掌握化学运动的规律并运用它去认识和改造客观世界，应从研究原子的运动入手。人们已经发现了 112 种元素，这些元素的原子可以按一定规律组成千万种性质不同的物质。由于物质的结构和组成不同，其性质就千差万别。物质进行化学反应的基本微粒是原子，因此要研究物质的化学性质与结构的关系，就必须了解原子的内部结构。

实验表明，原子是由原子核与核外的电子组成的，而原子核又由质子和中子组成。物质在通常情况下发生化学反应时，原子核并不发生变化，而只涉及核外电子运动状态的改变，因此研究核外电子的运动规律就成为化学中的重要问题。

第一节 原子的概念

一、古代的原子的概念

早在公元前 450 年以前，希腊哲学家 Democritus 就提出了原子论，认为宇宙万物是由最微小、坚硬、不可入、不可分的物质微粒所构成的，这种粒子叫做原子。同时期，我国春秋战国时代著名的思想家墨子也提出了“物质有不能再分的最小单位”这种观点。墨子说“非半弗都，则不动，说在端”，意思是物质到了没有一半的时候，就不能再进一步分开了。这种“端”或“原子”的观点就是古代的原子的概念。

“古原子说”是哲学家朴素唯物的一种直觉想象，没有任何实验依据。直到人们发现了质量守恒定律、能量守恒定律、定比定律、倍比定律和化合量定律之后，近代原子学说才逐渐形成。

二、近代的原子论

19 世纪初，英国科学家 Dalton 用化学分析法研究了物质的组成，提出了著名的原子学说。他指出：物质的最小组成单位为原子，原子不能创造、毁灭和分割；同种元素的原子的形状、质量、性质均相同，不同元素具有不同的原子；原子以简单的比例结合成化合物。Dalton 的原子学说解释了一些化学现象，为化学进入定量阶段奠定了基础，它简明而深刻地说明了质量守恒定律、定组成定律、倍比定律，受到科学界的重视和承认。恩格斯将 Dalton 称为“近代化学之父”。

Dalton 原子学说的缺陷是：不能解释同位素的发现；没有说明原子和分子的区别；未能阐释原子的具体组成和结构。Dalton 认为原子结构的不可分割使我们不能推测是什么原因使得原子的化学性质不同。为什么 1 个氟原子只能和 1 个氢原子化合，而 1 个氧原子却可和 2 个氢原子化合？到 19 世纪末，电子和放射性的发现才使人类打开了原子结构的大门。

三、现代原子模型

1897 年，英国剑桥大学卡文迪许实验室主任 Thomson 应用磁性弯曲技术证明阴极射线是带负电的微粒——电子。在此基础上，1904 年，他提出了原子的“枣糕模型”：原子是一个平均分布着正电荷的粒子，其中镶嵌着许多带负电的电子。原子不可分割的形而上学的观点不攻自破了。Thomson 获得了 1906 年诺贝尔物理学奖。

Thomson 最器重的学生 Rutherford 发现， α 粒子（带正电的氦离子流）穿过金箔时，部分 α 粒子发生了散射。这一实验证明，Thomson 所说带正电的连续体实际上只是一个非常小的核。Rutherford 在 1911 年提出了“行星系式”原子模型：原子核好比是太阳，电子好比是绕太阳运动的行星，电子绕核高速运动。但这一模型存在一个解决不了的问题：绕核运动的电子应该不停地、连续地辐射，得到连续光谱；另外，电子能量不断减小，电子运动轨道的半径也将不断减小，电子最终会堕入核内而导致“原子毁灭”。但事实是原子光谱不是连续光谱而是线性的，原子也不会毁灭。解决这一问题的是他的学生丹麦人 Bohr。

Bohr 在牛顿力学的基础上吸收了德国人 Planck 的量子论，建立了“定态原子模型”。为了解释受热黑体辐射这一实验事实，Planck 假定，辐射能量 ϵ 的释放和吸收都不是连续的， ϵ 只能是某一最小能量单位 ϵ_0 的整数倍： $\epsilon = n\epsilon_0 = nh\nu_0$ 。 ϵ_0 称为量子 (quantum)，量子的能量极小，它取决于辐射频率 ν_0 ； h 为普朗克常数 (Planck constant)，等于 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 。微观世界的一个重要特征就是能量的量子化（不连续）。Bohr 认为，能量量子化可以用来解决这种极小的原子世界的结构难题。他在 1913 年提出：

(1) 核外电子在一定的轨道上运动。在这些轨道上运动的电子既不放出能量也不吸收能量，电子处于某种“定态” (stationary state)。

(2) 在一定的轨道上运动的电子具有一定的能量 E 。 E 只能取某些由量子化条件决定的数值，而不能处于两个相邻轨道之间。氢原子核外电子能量公式为

$$E = -\frac{Z^2}{n^2} \times 2.18 \times 10^{-18} \text{ (J)} \quad (n=1, 2, 3, 4, \cdots)$$

当 $n=1$ 时，电子在离核最近的轨道（半径为 52.9 pm 的球型轨道）上运动，能量最低，称为氢原子的基态 (ground state)。从外界获得能量时，处于基态的电子可以跃迁到离核较远、能量较高的 $n \geq 2$ 的轨道上，这些状态称为激发态 (excited state)。电子离核无穷远时，就完全脱离原子核电场的引力，电子的能量则增大到零。

(3) 激发态不稳定，处于激发态的电子会回到较低能量的状态，释放出能量，这一过程的能量变化以光的形式发射出来。两个轨道的能量差决定投射出来的光量子的能量，即