



国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

SENLIN GONGAN JICHU HUAXUE

森林公安 基础化学

厉开平◎主编



 中国林业出版社
WCFPH China Forestry Publishing House

国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材

森林公安基础化学

主 编 厉开平

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

森林公安基础化学/厉开平主编. 北京: 中国林业出版社, 2016.9
国家林业局普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5038-8732-1

I. ①森… II. ①厉… III. ①化学-高等学校-教材 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 232023 号

国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划编辑: 杨长峰 高红岩 责任编辑: 丰帆 高红岩
电 话: (010) 83143554 83143558 传 真: (010) 83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)
E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83143500
http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店
印 刷 北京市昌平百善印刷厂
版 次 2016年9月第1版
印 次 2016年9月第1次印刷
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 10.5
字 数 240千字
定 价 28.00元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有 侵权必究

南京森林警察学院系列规划教材
《森林公安基础化学》编写人员

主 编 厉开平

副主编 史洪飞

编 者 (按姓氏笔画排序)

马艳君 厉开平 史洪飞 宋小娇

前 言

《森林公安基础化学》是为南京森林警察学院刑事科学技术专业全日制本科生编写的教材，也可作为同类院校教学参考用书和广大森林公安民警培训、进修和自学用书。本教材内容主要包括绪论、物质结构与元素周期律、溶液与胶体、有机化合物等。

在编写本教材过程中，参照高中化学教学内容，依据多年全日制本科教学经验，集体讨论审定教学大纲，注意内容的科学性、系统性及联系森林公安工作实际需要，力求突出重点、深入浅出；非重点部分则简明扼要、通俗易懂，突出知识性和实用性，并在每章末附有一定数量的练习题，便于学生自学。

参加本教材编写人员分工如下：

厉开平(第一章物质结构与元素周期律；第五章化学与环境保护；第六章化学与森林防火)；史洪飞(绪论；第二章化学反应速率与化学平衡)；马艳君(第三章溶液与胶体)；宋小娇(第四章有机化合物)。全书由厉开平统一修改定稿。

本教材的编写，得到了学院领导和教务处、刑事科学技术系等部门的关心和大力支持；所有参编人员参考了大量同类教材，有关著作和相关资料附后，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平和实际工作经验有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请使用本教材的老师和同学提出宝贵意见，供以后修订。

编 者

2016年3月

目 录

前 言

绪 论	(1)
一、化学的学科地位	(1)
二、化学的分支	(1)
三、化学是刑事科学技术的基础	(2)
第 1 章 物质结构与元素周期律	(4)
第一节 原子结构	(4)
一、原子构成	(4)
二、原子核外电子运动规律	(6)
三、原子光谱	(8)
第二节 元素周期律	(8)
一、元素周期表的结构	(8)
二、原子核外电子排布与元素周期表的关系	(10)
三、元素性质的周期性递变规律	(10)
第三节 常见元素及其重要化合物	(11)
一、s 区元素及其化合物	(11)
二、p 区元素及其化合物	(14)
三、过渡元素及其化合物	(22)
第四节 分子结构	(26)
一、化学键	(26)
二、分子间作用力	(29)
三、分子的极性	(30)
四、晶体的结构	(31)
第 2 章 化学反应速率与化学平衡	(36)
第一节 化学反应速率	(36)

一、化学反应速率的表示方法	(36)
二、浓度对化学反应速度的影响	(37)
三、温度对化学反应速度的影响	(38)
四、催化剂对反应速度的影响	(39)
第二节 化学平衡	(40)
一、可逆反应与化学平衡	(40)
二、平衡常数	(41)
三、化学平衡的移动	(43)
第3章 溶液与胶体	(48)
第一节 溶液的浓度	(48)
一、分散系的概念	(48)
二、溶液浓度的表示方法	(49)
三、浓度的换算	(49)
第二节 稀溶液的依数性	(50)
一、溶液的蒸气压下降	(50)
二、溶液的沸点上升和凝固点下降	(51)
三、溶液的渗透压	(53)
第三节 电解质溶液	(54)
一、弱电解质的电离平衡	(54)
二、同离子效应与缓冲溶液	(58)
三、盐类的水解	(61)
四、沉淀溶解平衡	(64)
第四节 胶 体	(67)
一、胶体的性质	(67)
二、胶体的结构	(68)
三、胶体的稳定性与聚沉	(69)
第4章 有机化合物	(72)
第一节 有机化合物概述	(72)
一、有机化合物概念	(72)
二、有机化合物的特点	(72)
三、有机化合物的分类	(73)
四、有机化合物中的共价键及有机反应类型	(74)
五、有机化合物的命名	(76)
第二节 烃类化合物	(78)

一、烷烃	(78)
二、烯烃与炔烃	(81)
三、芳香烃	(84)
第三节 含氧有机物	(89)
一、醇、酚、醚	(89)
二、醛、酮	(97)
三、羧酸、取代酸	(100)
四、酯、油脂	(104)
五、碳水化合物	(106)
第四节 含氮有机物	(112)
一、硝基化合物	(112)
二、胺类	(113)
三、氨基酸和蛋白质	(114)
四、生物碱	(117)
第五节 高分子化合物	(118)
一、高分子化合物的概念	(118)
二、高分子化合物的特点	(118)
三、高分子化合物的分类	(119)
四、高分子化合物的命名	(120)
五、高分子的结构和性能的关系	(120)
第 5 章 化学与环境保护	(125)
第一节 环境污染的分类	(125)
一、环境与环境污染	(125)
二、环境污染的分类	(126)
第二节 环境污染的危害	(127)
一、大气污染的危害	(127)
二、水污染的危害	(128)
三、土壤污染的危害	(129)
四、核污染的危害	(129)
第三节 主要的环境污染源	(130)
一、主要污染源	(130)
二、主要污染物	(131)
第四节 环境污染的防治	(132)
一、水污染的防治	(132)
二、大气污染的防治	(134)

三、固体污染物的控制	(134)
第 6 章 化学与森林防火	(135)
第一节 森林火灾	(135)
一、森林火灾的形成	(135)
二、森林火灾的常用灭火方法	(138)
三、森林火灾化学灭火的特点	(139)
第二节 森林火灾常用的化学灭火剂	(140)
一、森林灭火对化学灭火剂的要求	(140)
二、短效灭火剂	(140)
三、长效灭火剂	(142)
第三节 化学除草剂开设防火线	(144)
一、除草剂的常见类型	(144)
二、除草剂的杀草原理	(145)
三、常用森林防火线除草剂简介	(145)
四、用化学除草剂开设防火线的方法	(147)
附录 1 难溶物质的溶度积常数表	(150)
附录 2 常见弱电解质在水溶液中的电离常数	(152)
附录 3 常见配离子的稳定常数	(153)
参考文献	(154)



绪论

一、化学的学科地位

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化的一门基础自然科学。目前已经发现的自然界中存在的 110 多种化学元素，它们构成了一个有规律的自然体系——元素周期系，这些元素的具体存在形式和它们的变化行为便成为化学的具体研究对象。

化学是一门承上启下的中心科学。它不仅是认识世界，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，它与信息、生命、材料、环境、能源、地球、空间和核科学等八大朝阳科学都紧密联系、交叉渗透。

化学又是一门社会迫切需要的科学，它与人类的关系十分密切。人类的衣、食、住、行都离不开化学：色泽艳丽的衣料需要化学染料的印染；化学纤维的挺括、耐磨等特性改善了天然纤维的缺陷；皮革的化学处理，农业上的化肥和农药，食品中的添加剂，建筑所使用的水泥、玻璃、各种钢材、涂料等都是化学产品。

二、化学的分支

根据研究对象和方法的不同一般把化学分为 5 个分支领域，即无机化学、有机化学、分析化学、物理化学和高分子化学。

无机化学是研究无机化合物的性质及反应的化学分支。无机化合物包括除碳链和碳环化合物之外的所有化合物，因此，无机化合物种类繁多，内容丰富。人类自古以来就开始了制陶、炼铜、冶铁等与无机化学相关的活动，至 1871 年，俄国学者 Mendeleev 发表了“化学元素的周期性依赖关系”一文并公布了与现行周期表形式相似的 Mendeleev 周期表。元素周期律的发现奠定了现代无机化学的基础。

有机化学是一门研究碳氢化合物及其衍生物的化学分支，也可以说有机化学就是有关

碳的化学。今天的有机化学，从实验方法到基础理论都有了巨大的发展。每年世界上有近百万个新化合物被合成出来，其中90%以上是有机化合物。随着有机化学研究的深化，还衍生出若干分支学科，如天然有机化学、物理有机化学、金属有机化学和合成有机化学等。随着人们对于生命现象以及环境问题的日益关注，有机化学越来越显示出强大的生命力，成为改善人类生活质量的有力助推力量。

分析化学主要工作是分析物质的组成、结构、性质，以及分离和提纯物质。经典的分析技术被广泛用于分析化学实验的产物组成、矿物的组分以及鉴定未知元素中。分析化学在刑事物证鉴定和日常生活中都有着大量的应用，如毒物、毒品的检测、食品质量的检验、环境质量的监测等。分析化学也有多个重要分支，如光谱分析、电化学分析、色谱分析和质谱分析等。

物理化学是化学中的一个理论分支，它应用物理方法来研究化学问题。在化学探索中，化学家不仅要合成新的化合物，还要理解和掌握化学反应的内在规律。物理化学就是这样一个领域，它从物理学的发展中获得灵感，并将其应用到更为复杂的化学领域中去，研究化学体系的原理、规律和方法。物理化学也逐渐形成了若干分支：化学热力学、化学动力学、量子化学、表面化学、催化和电化学等。

高分子化学是研究高聚物的合成、反应、化学和物理性质以及应用的化学分支。与化学的其他分支学科相比，高分子化学是一个年轻的学科。合成高分子的历史不超过80年，但是它的发展非常迅速。一般化合物的分子量是几十到几百，而高分子化合物的分子量通常是几万甚至几十万。由成千上万小分子单体聚合成链并交织在一起，就组成了橡胶、纤维或塑料等高分子材料。高分子材料具有易于加工和成本低廉的优点，与天然材料相比，高分子材料不受气候、季节和种植面积的影响，因此，非常适合作为天然材料(如棉、麻、天然橡胶等)的替代品。高分子材料还具有弹性好、强度高、耐腐蚀等特点，因此，在日常生活和工业生产中已经得到广泛应用。随着塑料工业技术的迅速发展，塑料已经与钢铁、木材、水泥并列成为国民经济四大支柱材料。

三、化学是刑事科学技术的基础

刑事科学技术是运用自然科学和社会科学的相关原理与方法，进行发现、提取、检验和分析与犯罪有关的痕迹和物证，为侦查破案提供线索和证据。刑事科学技术可分为痕迹检验、文件检验、法医检验、刑事化验和刑事图像等分支学科，从自然科学的角度来看，刑事科学技术的研究内容可分为3个方面：一是研究与犯罪有关的痕迹的形貌或形态，包括手印、足迹、工具痕迹、枪弹痕迹、车辆痕迹、字迹以及图像处理等；二是研究与犯罪有关物证的化学组成，包括爆炸物、油漆、塑料、橡胶、毒物、毒品等；三是研究与犯罪有关的痕迹和物证的生理和病理特征，如法医检验。

从刑事科学技术的研究内容来看，研究物证的化学组成，必须要以化学为基础。例如，鉴定各种检材所用的基本物质之一是化学试剂，若做到正确使用它们，则应对化学试剂的组成和性质有所了解；鉴定各种检材的方法的基本原理是依据物质的性质和化学变化特点建立起来的，要想掌握方法的原理，就需要认识化学变化的规律；鉴定各种检材的基本操作多数是应用理化分析的技术和技巧。为提高从事科研和办案的本领，必须学会化学

操作方法。在具体的应用上，例如，检验爆炸案件现场的爆炸尘土，以确定炸药的种类；分析交通事故案中现场的油漆碎片与嫌疑车辆油漆成分的异同；分析毒物、毒品的化学成分；汗渍指纹和血指纹的化学显现；笔迹色痕的形成时间及文字色料的成分等，都应用到相关的化学知识。



第 1 章

物质结构与元素周期律

自然界中的物质，种类繁多，性质千变万化。不同物质的性质差异是由物质内部结构的不同决定的。而变化万千的物质有着其内在的必然联系，它们都是由种类不同的原子所组成。原子以不同种类、数目和方式结合，形成了无数的物质。因此，原子结构的知识是了解物质结构和性质的基础。化学变化包含着旧的化学键的断裂和新的化学键形成。在常规的化学变化中，原子核并不发生变化，而是原子核外电子的运动状态发生了改变。因此，要了解物质的性质和变化规律，就必须了解原子的内部结构及原子核外电子的运动状态。原子中的电子质量小，运动速度快，属微观粒子范畴，其运动不遵守宏观的牛顿运动规律，因此，不能用研究宏观物体的方法研究。微观粒子有着诸如波粒二象性、测不准原理等不同于宏观物体的运动属性，因此，在学习原子结构过程中，我们应区别宏观物体和微观粒子运动规律的异同性。

第一节 原子结构

一、原子构成

(一)原子构成

原子是由居于原子中心的原子核和核外绕核作高速($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)旋转运动的电子构成。原子核又是由质子和中子构成的。1个质子带1个单位的正电荷，1个电子带1个单位的负电荷，中子不带电，而整个原子对外不显电性，因此，一个原子中所拥有的质子数目与电子数目必然相等。我们把原子核所带的电荷数称为核电荷数，则：

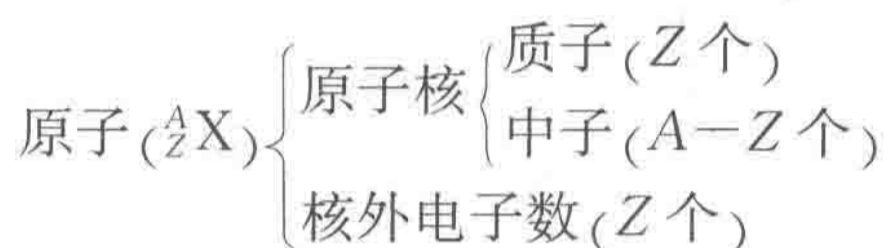
$$\text{核电荷数} = \text{核内质子数} = \text{核外电子数}$$

1个质子的质量约为 $1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，1个中子的质量约为 $1.6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，电子

的质量约为 $9.1095 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ，是质子质量的 $1/1836$ ，可以忽略不计。所以原子的质量几乎全部集中在原子核上。由于质子、中子的质量很小，采用 kg 作单位计算不太方便，因此，通常用它们的相对质量。这种相对质量是以碳-12 原子质量的 $1/12$ 为标准相比较而得的数值。实验测得碳-12 原子质量是 $1.9927 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，它的 $1/12$ 为 $1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 。因此，质子和中子的相对质量分别为 1.007 和 1.008 ，取近似整数值为 1 。如果忽略电子的质量，则将原子核内所有的质子和中子的相对质量取近似整数相加所得的数值，叫作该原子的质量数。即：

$$\text{质量数} = \text{质子数} + \text{中子数}$$

用 X 表示元素符号， A 表示质量数， Z 表示核电荷数，原子构成可表示为：



其中：

核电荷数(Z) = 核内质子数 = 核外电子数 = 原子序数

质量数(A) = 质子数(Z) + 中子数(N)

(二)核素

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。但同种元素原子的原子核中，质子数相同，中子数却不一定相同，例如，氢元素有 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ ，分别称为氕、氘、氚，其中子数分别为 0 ， 1 ， 2 。

把具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子叫作核素， ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 就各为一种核素，它们都是氢元素。而把质子数相同，中子数不同的同一元素的不同原子互称为同位素(即同一元素的不同核素互称为同位素)。如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 三种核素都是氢的同位素。

自然界中的元素，很多都具有不同数量的同位素，如 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 、 ${}^{14}_6\text{C}$ 、 ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ 、 ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ 、 ${}^{234}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 等，且天然存在的同位素，相互间保持一定的比率。元素的相对原子质量(即原子量)，就是按照该元素各种核素原子所占的一定百分比计算出的平均值，如在天然存在的氯元素中， ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ 占 75% ， ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ 占 25% ，因此，氯元素的原子量约为 $35 \times 75\% + 37 \times 25\% \approx 35.5$ ；天然存在的氧元素中， ${}^{16}_8\text{O}$ 占 99.8% ， ${}^{17}_8\text{O}$ 占 0.04% ， ${}^{18}_8\text{O}$ 占 0.16% ，则氧元素的原子量约为 $16 \times 99.8\% + 17 \times 0.04\% + 18 \times 0.16\% \approx 16$ 。

拓展阅读

卢瑟福的氢原子模型

卢瑟福(E. Rutherford)1911年通过 α 粒子散射实验确认原子内存在一个小而重的、带正电荷的原子核。卢瑟福建立的有核原子模型的理论要点如下：①原子由原子核和电子构成；②原子核体积非常小，密度非常大，带正电荷，集中了原子的绝大部分质量(99.9% 以上)；③电子绕核做圆周运动，并有不同的运动轨道，就像行星绕太阳运动一样。

卢瑟福的理论开拓了研究原子结构的新途径，为原子结构的发展奠定了坚实的基础，并为以后原子科学的发展立下了不朽的功勋。卢瑟福及其学生和助手有多人获得了诺贝尔奖。后来，英国的莫斯莱(H. Moseley)证明，原子核的正电荷数等于核外电子数。再后来

又证实原子核由质子和中子组成。由此，形成了经典的原子模型。

卢瑟福的核模型与经典电动力学是相矛盾的。据经典电动力学，带负电荷的电子围绕带正电荷的原子核高速运动时，应当不断的以电磁波的形式放出能量。原子整个体系每放出一部分能量，电子必然向核靠近一些，因此，最终的结果是电子离核越来越近，最终落到原子核上，原子将不复存在。但实际情况并非如此，多数原子是可以稳定存在的。此外，原子发射电磁波的频率决定于电子绕核运动时放出的能量，由于放出能量是连续的，因而原子发射电磁波的频率也应当是连续的。但是，原子的发射光谱不是连续光谱而是线状光谱，原子只发射具有一定能量的波长的光。

二、原子核外电子运动规律

(一)核外电子的运动状态

电子在原子核外极小的空间(直径约为 10^{-10} m)内作极高速(光速)的运动，显然，电子的运动与普通宏观物体的运动不同，它有着自身特殊的运动规律。对于多电子原子，电子在核外的运动不仅分层、还分亚层，每一亚层还分不同轨道，电子还有自旋方向(顺时针或逆时)的不同。为了描述电子运动状态，科学家用电子云来形象地表示原子核外电子的运动(图 1-1)。

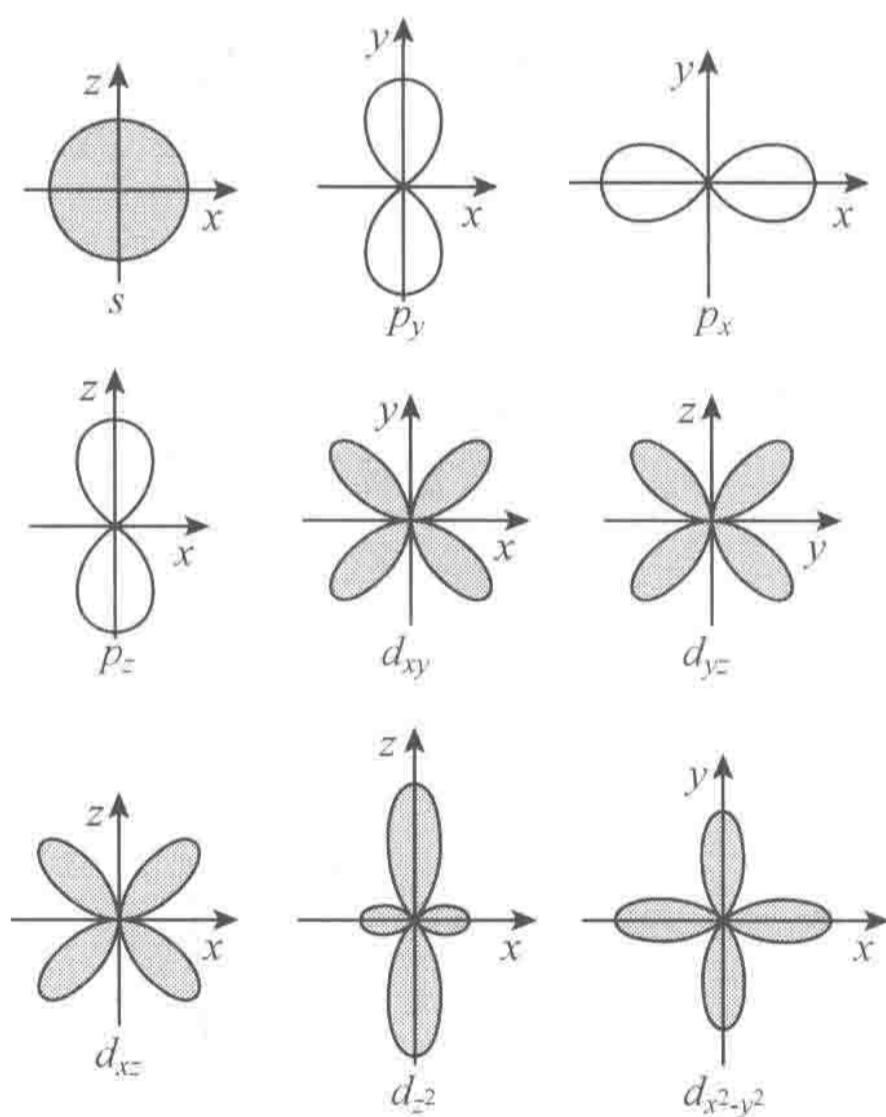


图 1-1 电子云角度分布剖面图

1. 电子层

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。总体上，由内到外，电子层上的电子能量依次升高。

2. 电子亚层

用 s、p、d、f 表示。其中，第 1 电子层只有 s 亚层，第 2 电子层有 s、p 2 个亚层，第 3 电子层有 s、p、d 3 个亚层，第 4 电子层往后都有 s、p、d、f 4 个亚层。s、p、d、f 亚层上的电子能量依次升高。

3. 电子轨道

s 亚层只有 1 个球形轨道，p 亚层有 3 个纺锤形轨道，d 亚层有 5 个、f 亚层有 7 个较复杂形状的轨道。因此，第 n 层有 n^2 个电子轨道(第 5 层以后的实际轨道数并没有那么多)。各亚层不同轨道上的电子能量相等。

4. 电子自旋

电子在核外除做绕核旋转运动以外，还进行自身按顺时针或逆时针旋转。

(二)核外电子的运动规则

1. 能量最低原则

电子总是尽可能分布到能量最低的轨道上。一般情况下，越靠近原子核的电子层，能量越低，但从第三层的 d 轨道开始，能量有交错现象。图 1-2 为原子核外电子轨道的近似能级图。

2. 泡利不相容原则

在同一原子中没有电子层、电子亚层、电子轨道及电子自旋 4 个参数完全相同的电子存在。据此原则，每一个原子轨道上最多只能容纳两个自旋方向相反的电子，每个电子层最大电子容量为 $2n^2$ 个。例如：O 原子核外有 8 个电子，其排列为第 1 层 s 亚层 2 个电子，第 2 层 s 亚层 2 个电子，p 亚层 4 个电子，可表示为 $1s^2 2s^2 2p^4$ (此式称为电子排布式)。

3. 洪特规则

在同一亚层的各个轨道(等价轨道)上，电子的排布将尽可能分占不同的轨道，并且自旋方向相同。例如，C 原子核外有 6 个电子，其排列为第 1 层 s 亚层排列 2 个自旋方向相反的电子，第 2 层 s 亚层排列 2 个自旋方向相反的电子，p 亚层的 3 个轨道上任意两个轨道分别排列 1 个自旋方向相同的电子(图 1-3)。其电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^2 (2p_x^1 2p_y^1)$ 。

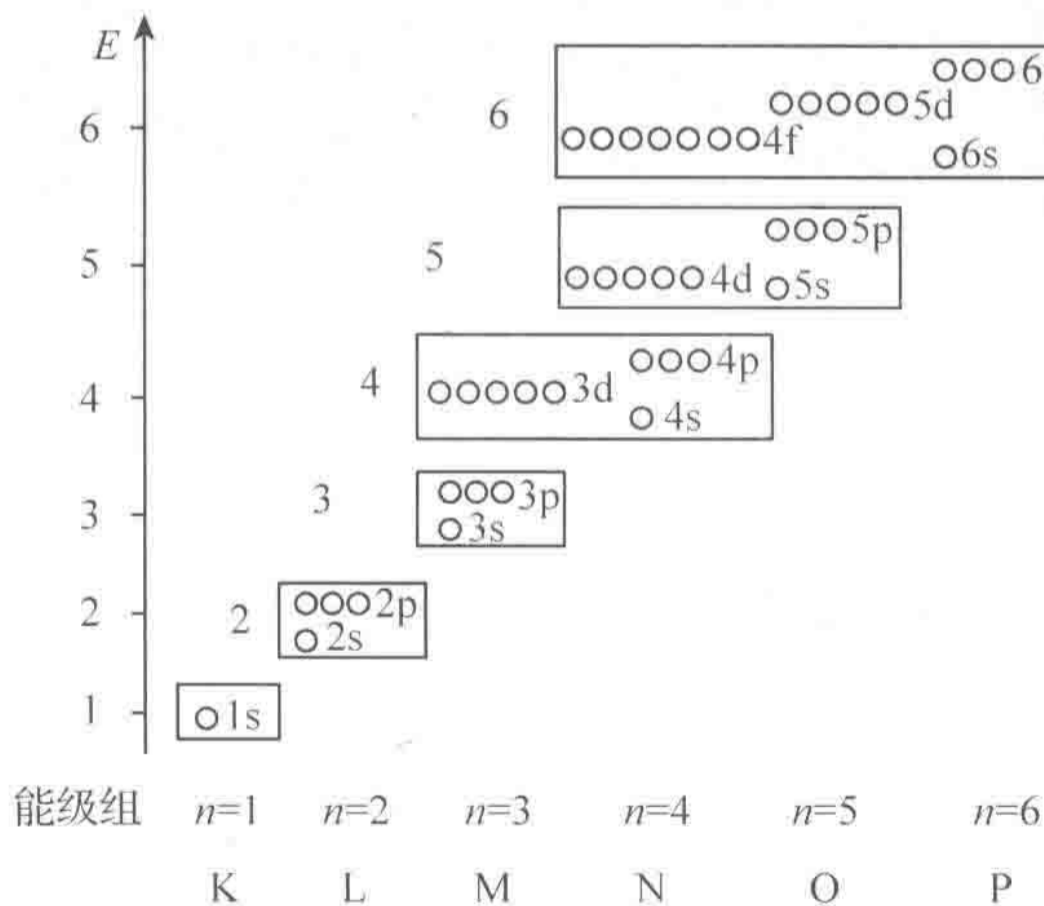


图 1-2 电子轨道的近似能级图

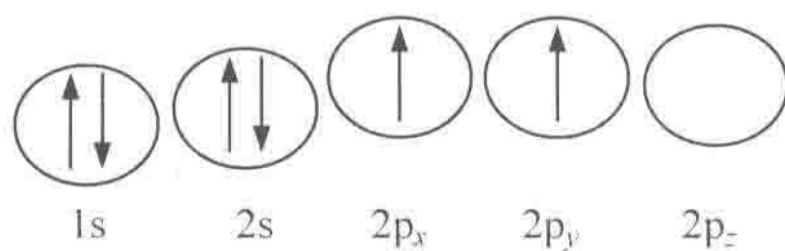


图 1-3 C 原子核外电子轨道排布

4. 洪特规则特例

等价轨道在全充满、半充满或全空的状态时是比较稳定的。

全充满： s^2, p^6, d^{10}, f^{14} ；半充满： s^1, p^3, d^5, f^7 ；全空： s^0, p^0, d^0, f^0 。

例如，24号Cr元素的电子排布式为： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ ，不能写成 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$ 。按能量最低原则及能级图，电子应先排满4s，然后再排3d，但按洪特规则特例排列电子时，能量是最低的。

在书写电子排布式时，尽管电子是按能量由低到高的顺序填充轨道，但仍要按电子层的顺序书写。如上述Cr元素的电子排布式书写时不能写成： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ 。

电子排布式能清楚地表示出原子核外电子的运动状态，也能直观地反映出元素的化学性质，与元素周期表的结构紧密相连。

三、原子光谱

原子核外电子按特定规则在自己轨道上运动(称为基态)，但电子一旦受到外界能量的作用而吸收能量，就会跃迁到能量更高的轨道上(称为激发态)。处于激发态的电子不稳定，又会返回到基态，返回时对外释放出能量。电子吸收和释放的能量都以光谱的形式反映，且不同原子形成的光谱都有其特定性(图1-4)。原子光谱仪就是根据此原理来分析物质的元素成分。

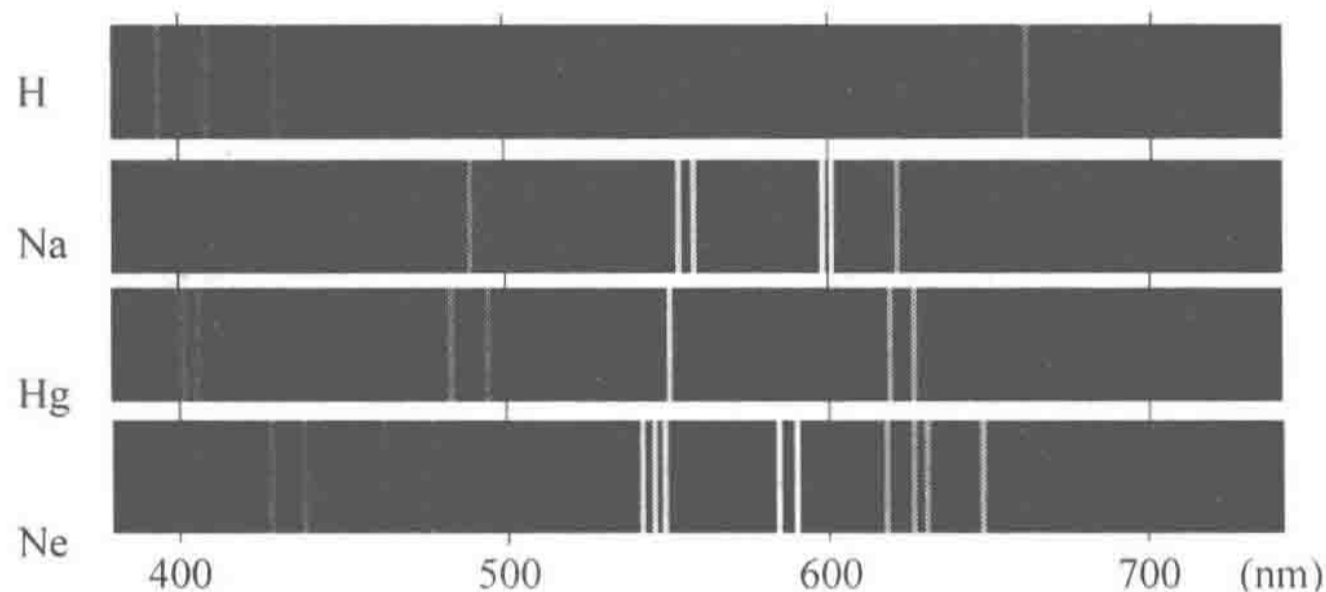


图 1-4 几种原子发射光谱

第二节 元素周期律

一、元素周期表的结构

(一) 周期

元素周期表共分7行，为7个周期，用阿拉伯数字表示。

1. 短周期

第1周期中有2个元素，第2，3周期中有8个元素，统称为短周期。

2. 长周期

第4，5周期中有18个元素，第6周期中有32个元素，统称为长周期。