

新课标

化学 导学与拓展

高中一年级

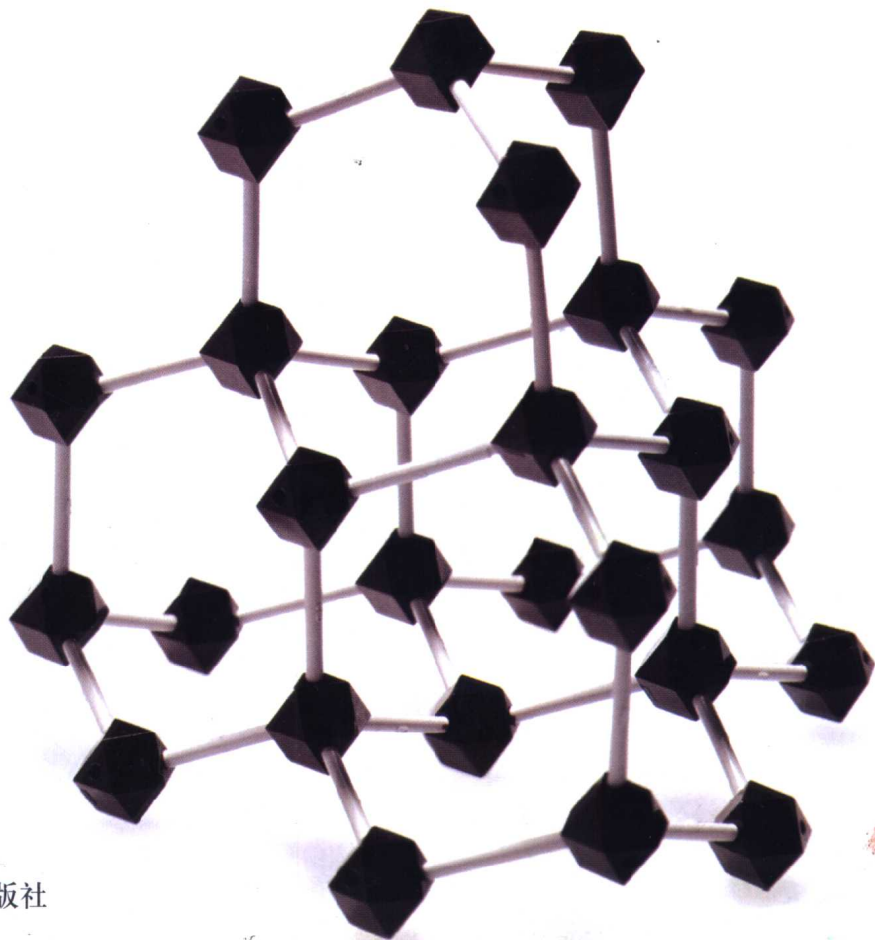
主编 钮泽富

编者 钮泽富 解守宗 钱秋萍 冯 颖 张俊霞

兼容性 —— 兼顾上海市与全国课程标准的要求

基础性 —— 围绕基础，适当加深与拓宽

学习新教材的帮手
达到新境界的阶梯



上海科技教育出版社

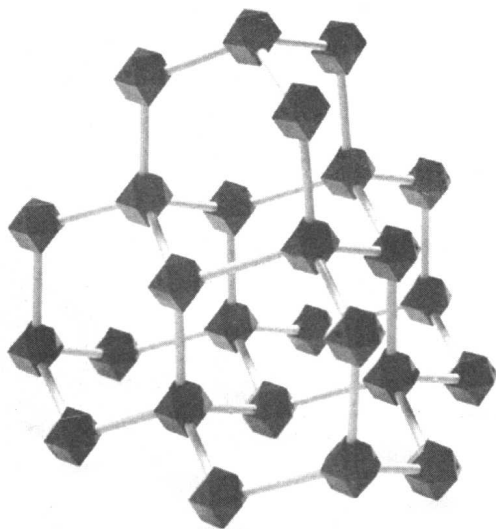
新课标

化学 导学与拓展

高中一年级

主编 钮泽富

编者 钮泽富 解守宗 钱秋萍 冯 颖 张俊霞



上海科技教育出版社

序

素质教育的目的是让全体学生都全面、健康地发展。课程教材改革是素质教育的核心环节,课程教材要有利于学生打好共同的基础和不同的基础。共同基础是基本要求,每个学生都要学好,内容要少而精;不同基础对每个学生的要求不一样,内容要体现广域性、层次性和选择性,便于学生选择,发展不同的兴趣、爱好和特长。为此,在课程改革中,上海开设了基础型课程、拓展型课程和研究型课程;全国开设了必修课程、选修课程和综合实践活动课程。

编写本书的目的是为了帮助高中学生深入学习化学基础知识和拓展化学基础。因此,本书既可作为基础型课程或必修课程的导学,又可以作为拓展型课程或选修课程的自学读本,也可以作为研究型课程或研究性学习的背景资料。

本书的编写力求体现以下四个特点:

一是兼容性,既侧重上海课程标准和国家标准共同点,又兼顾两个标准的不同点;既侧重平时打好基础,又兼顾高考的需要。

二是基础性,高中教育属于基础教育,不管是深入学习还是拓展学习都是围绕基础,尤其是重要的基础,包括基础知识、基本技能、基本观点、基本方法。

三是可读性,为了便于导学和自学,内容写得通俗易懂、生动有趣,重点和难点的内容写得详细清楚,并给以必要的思维点拨。

四是双语,专业术语和基本词汇采用中英文对照并附有索引。

本书贯彻了以下几条编写原则:

一是自学性与指导性相结合的原则;

二是基础性与先进性相结合的原则;

三是系统性与专题性相结合的原则;

四是接受性学习与研究性学习相结合的原则;

五是单科性与综合性相结合的原则;

六是基础训练与应用训练相结合的原则。

本书的编写形式多种多样,生动活泼,设置有思维点拨、实验活动、探索与实践、拓展视野、化学史话、阅读材料等栏目,节后有作业,章后有小结与思考,书后提供参考答案和名词术语的索引。

本书使用对象是上海高中学生和其他省市高中学生,也可用作高中化学教师的教学参考书。本书在使用方式上,既可以循序渐进、系统地学习,也可以带着问题有选择地学习。

参加本书编写的钮泽富教授(主编)、解守宗教授、钱秋萍高级教师、冯颖老师、张俊霞高级教师在化学专业方面都很有造诣,熟悉中学课程教材改革,教学经验丰富。

本书的编写是一种尝试,希望它对广大师生有所帮助并能受到欢迎,也祈望他们在使用中能提出宝贵的意见和建议。

孙元清(上海市教委教研室前主任)

2004.5

和同学们说几句话

同学们,大家好。首先祝贺你们已经取得了阶段性的学习成就,开始了新层次的学习。面临高中阶段的学习,特别是现在进行的新一轮课程与教材改革,需要你们适当调整自己的学习方法,树立新的学习观念。为此,我们愿和你们一起努力。

在国务院关于全面推进素质教育和教育部关于基础教育课程改革纲要的指引下,教育部和上海市教委都分别制定了普通高中《化学课程标准》。在课程结构上,全国推出了两个必修课模块和六大选修课模块;上海推出了基础型、拓展型和研究型三大课程类别。这样的课程结构无疑为你们提供了更大的发展空间和自主选择权。

本书就是在这种情况下,和基础型教材、必修教材整合、配套编写而成,供高中学生使用。我们在以下几方面作了一些努力:

1. 认真落实你们自身发展所必需的化学基础知识和基本技能,帮助你们了解化学学科的特点,加深对物质世界的认识。

在内容编写上比较注意知识的基础性和拓展性、理论性和应用性、新颖性和发展性之间的联系。例如,专门有一章对卤族元素、硫及氮等重要非金属单质及其化合物的结构、性质、制法、递变规律等知识作了较为详细的归纳;“化学计量”一章对高中阶段学生需要掌握的化学计算技能作了较为系统的介绍,以方便同学们学习;另外,我们还选取了一些和全国《化学课程标准》相呼应的新内容,如“原子核外电子的能级分布、运动状态”、“元素的电离能”、“共价键的主要类型—— σ 键、 π 键、配位键”、“手性分子”、“金属密堆积”、“反应热及焓变”、“盖斯定律及其应用”、“判断化学反应的方向”、“催化作用的特点及催化剂应用”等。

在形式上充分利用三分之一的版面及一些栏目,加强了对概念、理论及新知识的解读,提供科技最新发展的实例,以及目前的研究热点及尚未解决的问

题,以此来激发你们的学习兴趣。其中,“思维点拨”给出分析问题的方法,告诉你解答某一类问题的规律;“思考与讨论”承接正文内容,引发你对一些原理在应用时遇到的问题进行思索,探求其原因,并鼓励你与其他同学进行交流。

2. 努力反映人类探索物质及其变化的历史过程,以及在这一过程中科学家们所作出的努力。帮助你们逐步形成科学的世界观和发展观,强化科学探究意识,掌握科学方法,改变学习习惯。

在内容编写上比较注意问题的提出、概念的形成和探究过程,强调概念之间的联系和比较,从中总结出规律性的知识。选用的素材跨度较大,既有较为经典的内容,又有与化学的最新发展有关的内容,例如,“苯的结构”、“一碳化学”、“绿色化学”等,以此说明人类的认识永无止境,科学的发展是不断完善的。

在“阅读材料”栏目中较为详尽地记载了新理论、新概念的探究过程,深层次内容的探究成果以及广受关注的探究领域等,便于你们中间志趣爱好各异、发展水平不同的同学各得其所。

3. 精心协调与其他学科相关知识、与化学基础知识以及本书内部各知识点之间的联系和安排。

本书在关注化学知识的同时,注意它的社会效应和自身的更新,即关注化学与科学(science)、技术(technology)和社会(society)的联系,以求得物质文明与精神文明的共同进步,人和自然和谐相处。所以选取了不少与 STS 有关的内容,如“化学与可持续发展”、“天然气、煤和石油的综合利用”、“绿色化学”等。由于关注化学知识与 STS 的联系,必然会出现一些带有综合性应用背景的议题,所以涉及必需的物理概念、数学方法等其他学科知识时,本书没有刻意回避。考虑到选学需要,个别内容在相关章节中可能有所重复。高中学习刚刚起步,同学们发展方向尚不明朗,有必要构建一个相对完整的基础知识体系,在科技发展和社会实践中领悟知识的价值。

在作出了上述三方面的努力后,我们希望在人类认识化学这个大文化背景下,和基础型教材、必修教材一起,为构建一个“知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观”三位一体的化学课程体系而继续努力,并使之不断完善。让同学们学到“真正的化学、发展的化学、有用的化学”。也希望同学们要相信自己,坚信化学是可以学好的,关键是要认识学科特点,打实必要的基础,掌握学习方法。

如今素质教育不断深入,考试制度也在不断改革。综合评价、选修一学分

制、高校自主招生等措施势在必行,这为我们实施新的课程理念提供了评价机制上的保证。一方面我们把新知识、新视野、实验探究等适度地展现在你的面前,让你能根据自己的兴趣和需要选读本书的某些章节,以增进你在知识、能力和方法方面的实力,在各种发展机遇中(如参与各种竞赛、撰写小论文、设计小制作、参加提前报考等)表现自己;另一方面也希望你在观念与方法上有所调整,对有些知识进行“入门”式的了解,为以后的深入学习打下基础。

现在上海的高考升学率已达70%左右,许多重点学校已在90%以上,全国高校招生的录取率也在不断提高。所以把视角放在你们的后继学习上,为你们准备一些过去不认为中学生应该知道的知识和方法,缩短高中和大学之间学习的“台阶”,让你们顺利地在学习中继续成功,也是我们应该想的和做的,这也算是一种“以学生发展为本”的思想的体现吧!

在你刚进入高中时就和你讲这些,愿你有一个良好的开始,也祝你会有进一步的成功。

本书编写组

目 录

第 1 章 物质的构造 1

第一节 原子的内部构造 1

一、玻尔原子结构模型的主要

思想 2

二、核外电子的分层排布 4

三、同层电子能量的差异 5

四、电子云与轨道 6

五、核外电子排布规律 10

作业 1.1 12

第二节 原子(离子)间的相互作用 ... 12

一、原子(离子)间相互作用的

本质 13

二、共价键的特性与类型 15

三、分子间作用力、氢键 18

作业 1.2 21

第三节 微粒在空间的不同堆积 22

一、晶体的特性 22

二、影响微粒在空间的堆积方式

和类型的因素 23

三、晶体的主要类型 26

四、金属晶体与金属键 27

五、晶体缺陷与掺杂 27

作业 1.3 28

小结与思考 29

本章习题 30

第 2 章 某些重要非金属元素

的单质及其化合物 34

第一节 氯与卤素 34

一、氯气的性质 34

二、氯气的发现及实验室制法 37

三、氯气的工业制法——电解饱

和食盐水 38

四、氟、溴、碘的性质及应用 42

作业 2.1 44

第二节 卤素及其化合物性质的

递变规律 45

一、卤素单质性质的递变规律 45

二、卤化物性质的递变规律 47

三、卤素及其化合物性质递变与

原子结构的关系 49

作业 2.2 50

第三节 硫及氧族 50

一、硫的存在和性质 51

二、硫的化合物 53

三、氧族元素的性质及递变规律···	58	作业 3.3	116
作业 2.3	60	第四节 简单的有机合成	118
第四节 氮及含氮化合物·····	60	一、有机反应的特点	118
一、氮气的分子结构与性质·····	61	二、有机合成路线的选择与优化···	118
二、含氮化合物的性质与用途·····	62	三、示例分析	119
作业 2.4	68	作业 3.4	122
第五节 氧化还原反应和离子反应···	69	小结与思考	123
一、氧化还原反应·····	69	本章习题	125
二、离子反应·····	74		
作业 2.5	77	第 4 章 化学与可持续发展·····	129
小结与思考·····	78	第一节 自然界中化学物质的循环···	130
本章习题·····	80	一、氮循环与硫循环	130
		二、氧循环与碳循环	132
第 3 章 天然气·石油·煤的		第二节 循环中平衡的破坏及其	
化学	83	危害	135
第一节 天然气·石油·煤的综合		一、二氧化碳与温室效应	135
利用·····	83	二、水污染	138
一、综合利用的意义·····	83	作业 4.2	143
二、综合利用的实例·····	84	第三节 绿色化学与可持续发展···	145
作业 3.1	90	一、保护环境的重要措施	145
第二节 烃类物质的结构·····	90	二、杜绝污染	151
一、碳的四面体构型·····	90	作业 4.3	153
二、烃的分子结构·····	92	小结与思考	154
三、同系物与同分异构体·····	96	本章习题	155
作业 3.2	97		
第三节 烃类物质的相互转化·····	98	第 5 章 化学计量	157
一、烃类物质的性质·····	98	第一节 国际单位制与化学计量···	157
二、烃类物质的相互转化	111	一、国际单位制	157
三、几种重要的基本有机反应		二、物质的量的单位——摩尔···	159
类型	112	三、摩尔在化学计算中的应用···	160

作业 5.1	161
第二节 基本化学计算	162
一、有关化学量的计算	162
二、有关化学式的计算	163
三、关于化学方程式的计算	165
四、关于溶液的计算	169
五、关于反应热效应的计算	170
六、有关晶体结构的计算	171
作业 5.2	172
第三节 化学计量数据的处理	173
一、化学计量数据的采集	173
二、化学计量数据的处理	175
作业 5.3	178
第四节 化学定量实验设计	179
一、化学定量实验设计的一般 要求与策略	179
二、定量实验设计的示例分析	180
作业 5.4	182
小结与思考	182
本章习题	183

第 6 章 化学变化中的能量

变化	185
第一节 物质变化中的能量变化	185
一、在化学变化过程中总伴随 有物理变化	186
二、能量并不就是热量	187
三、物质溶解过程中的能量 变化	189
四、化学变化过程中的能量	

变化	190
作业 6.1	192
第二节 反应热与热化学方程式	192
一、反应热的类型及测量	193
二、热化学方程式	199
作业 6.2	201
第三节 盖斯定律	201
一、盖斯定律及其应用	201
二、石墨能变成金刚石吗	203
三、燃烧热、生成热和反应热之间 的联系	204
作业 6.3	206
第四节 化学反应的方向	207
一、自发和非自发化学反应	207
二、自发反应的原动力	208
三、化学反应自发进行的方向	209
四、优化反应途径应考虑的其他 因素——“绿色化学”	211
作业 6.4	212
小结与思考	213
本章习题	215

第 7 章 化学反应的快慢和

程度	217
第一节 化学反应速率	217
一、化学反应速率	217
二、影响反应速率的几个因素	220
作业 7.1	223
第二节 化学平衡及其移动规律	224
一、化学平衡的概念	224

二、化学平衡的移动	225	二、合成氨适宜条件的选择	235
作业 7.2	229	三、化工生产的一般原理	237
第三节 催化作用与催化剂	229	作业 7.4	238
一、催化作用的重要意义	230	小结与思考	239
二、催化作用的特点	231	本章习题	240
三、其他催化形式	232	参考答案	243
作业 7.3	234	索引	251
第四节 综合应用示例:由天然气			
合成氨	235		
一、由天然气制得合成氨的原			
料气	235		

第 1 章

物质的构造

(The Structure of Matter)

我们曾经学过一些关于物质结构的初步知识,诸如原子的核外电子排布、化学键与分子的形成、形形色色的晶体等,这些知识为我们进一步学习“物质的结构”奠定了基础。

物质内部的结构是复杂的,但又是具有层次的,研究物质各层次的结构,进而认识它们与物质性质和用途的关系,或反过来,根据物质的性质推断其内部结构,并进一步通过调整和改变物质的结构,获得人们所期望的新的性质与用途,这些都是化学科学研究的重要目的。

本章内容将进一步拓展原子、分子和晶体这三个层次物质结构的知识,用近代和现代化学的观点去认识原子内部的构造,原子(离子)、分子间的各种相互作用的性质和键合结构。

第一节 原子的内部构造

(The Inner Structure of Atoms)

我们已经知道,人类探索原子结构的过程经历了古典原子论(德漠克利特等)、近代原子论(道尔顿)、葡萄干面包模型(汤姆生)、原子结构的行星模型(卢瑟福)等几个阶段。随着社会生产力的发展和科学技术的日益进步,人们对原子结构的认识越来越深入。卢瑟福的行星式原子模型提出后不久,有人就发现这个模型虽然能解释 α 粒子散射的实验事实,但却存在着两个致命的弱点,使其面临不可逾越的障碍。

其一,按照经典电磁理论,电子在围绕原子核外的轨道上作旋转运动时,它将不断以电磁波形式放出能量,而且这种能量的释放应该是连续的。但后来的实验事实(如对原子光谱的研究)证明,核外电子的能量变化不是连续的,而是分立的,不连续的(量子化, quantization)。

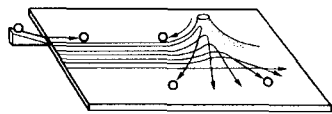
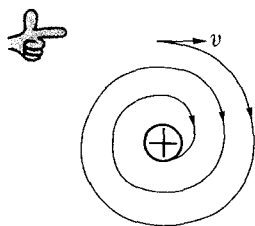


图 1.1 利用正电荷库仑力模型,说明 α 粒子散射实验



图 1.1 中带正电的小球从斜面上滑下,在前进路径上遭遇到带正电荷的山峰的阻扼而使小球的前进路径发生偏折,甚至沿原路返回。这说明原子是“有核”的。



原子“塌缩”或“湮灭”了。

其二，当核外电子不断发射出电磁波而损失能量后，其动能将逐步减小，使轨道半径越来越小，逐渐靠近原子核，以致最后落到原子核上，引起原子的“湮灭”。但至今谁也没有见到过原子湮灭的现象。通常情况下，原子是十分稳定的。

这说明用卢瑟福的行星原子模型来描述核外电子运动状况不能令人满意，人们必须继续努力，寻求对原子核外电子运动状况的更为合理的解释。

思考与讨论

为什么卢瑟福用经典的牛顿力学原理来描述核外电子运动时会出现上述不可逾越的障碍？

一、玻尔原子结构模型的主要思想

1. 玻尔的原子模型(Bohr's atomic model)

玻尔原子模型的提出是基于对原子光谱(atomic spectrum)的研究，特别是对氢原子光谱的研究。氢原子是最简单的原子，它的核外只有一个电子。在抽成真空的放电管中充入低压氢气，并在管的两端施以高电压，通过高压放电，可观察到管中放出玫瑰红色的可见光和紫外光、红外光（它们可以通过仪器被察知）。如在光的通路上放置一个三棱镜，就可把这些光分解成一系列按波长次序排列的不连续的线状光谱，它由在黑暗背景下的5根亮线组成（一根为红色，一根为青色，一根为蓝色，另外两根为紫色），见图1.2。每条谱线对应于一定频率的光波。谱线的位置决定于光波的波长。另外在

拓展视野

量子化是微观世界某些物理量的重要特征之一。这些物理量的变化是不连续的，只能以某一最小单位的整数倍改变。这一最小单位称为该物理量的“量子”(quantum)。这种量子化了的物理量包括辐射能量量子、光子量子等，电子的动能、势能、总能量、角动量等也都是量子化的。

人们比喻“连续的”变化就像是自动电梯，“不连续的”变化就像有台阶的楼梯。

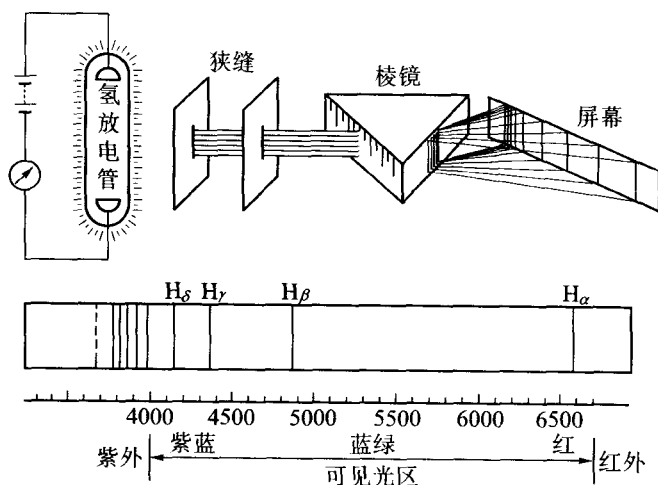


图 1.2 光谱实验示意图和氢原子光谱

红外光和紫外光范围内也存在着可检测的好几组线状光谱。

1900年,德国物理学家普朗克在解释黑体辐射时提出能量子的假设,量子理论就此诞生。这个理论指出,能量只能以一个个不连续的单位,由振动着的原子发射或吸收,能量的大小则决定于辐射的频率。原子在放电情况下为什么会产生线状光谱呢?这与原子中电子状态的变化是紧密联系着的。原子中的电子按条件的不同,可处于不同的状态,它们的能量也就各不相同。放电时,原子中的电子获得了能量,可以跳跃(又称激发,excitation)到能量较高的状态。处于高能级的状态是不稳定的,它会自动跳回到能量较低的状态,这个过程称为跃迁(transition),同时以光辐射的形式将能量释放出来,就产生了光谱。由于原子中电子的能量是不连续的,跃迁时能量变化也是不连续的,这样就产生了不连续的线状光谱。正是原子的线状光谱,为我们提供了原子核外电子分层次排列的信息。

1913年,丹麦物理学家尼尔斯·玻尔为了解释氢原子光谱,把卢瑟福行星原子模型和普朗克的量子理论结合起来,提出了著名的玻尔原子模型,这个模型的主要内容:

(1) 核外电子只能在有确定半径和能量的特定轨道(称为稳定态,简称定态,stationary state)上运动,而不能处在任意的轨道上。处于定态中的原子并不辐射能量。能量最低的状态叫基态(ground state),其余叫激发态(excited state)。

(2) 电子在不同轨道间发生激发或跃迁时需要吸收一定能量或以光形式对外发出辐射,其波长 λ (或频率 ν)取决于前后两个轨道的能量之差,即有:

$$\Delta E = |E_{\text{终}} - E_{\text{始}}| = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

式中 E 是能量, h 是普朗克常数, c 是光速。因此每一次跃迁对应产生一条具有确定波长(或频率)的谱线,从而表现出分立、不连续的特征。

2. 玻尔模型的应用

玻尔模型可以精确地确定氢原子中电子运动的速度(velocity)、轨道半径(orbital radius)和能量。利用这一模型还可以对氢原子核外电子的运动状态作定量讨论,这显然比卢瑟福原子模型大大地前进了一步。

利用玻尔频率规则,根据氢原子的某两个轨道的能量和

化学史话

普朗克(M. Planck, 1858—1947),德国物理学家,量子物理学的开创人和奠基人。因“能量基本量子的发现对物理学的促进”而荣获1918年诺贝尔物理学奖。



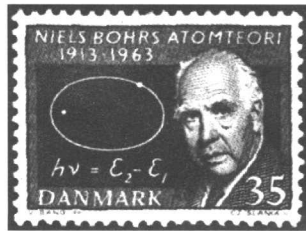
最小的能量单位是 $E=h\nu$,称为能量子, h 为普朗克常数,其值为 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

光谱中谱线的频率 ν 满足跃迁规则:

$$h\nu = |E_{\text{终态}} - E_{\text{始态}}|$$

化学史话

玻尔(N. H. D. Bohr, 1885—1962),丹麦物理学家,1913年提出玻尔原子结构模型,成功地解释了氢原子光谱,对量子理论发展和量子力学的建立作出了卓越的贡献,1922年获得诺贝尔物理学奖。以他为首,来自世界30多个国家的近千名科学家集合到一起,形成了哥本哈根学派。他们在玻尔严谨治学态度和高尚科学道德的感召下,努力进行理论和实验探索。他们不盲从权威,亲密合作,一起分担失败的懊丧,共享胜利的喜悦,留下了很多科学佳话。



h 精确值,就可计算出对应光谱线的波长或频率,而且计算结果与实验数据十分相符,从而很好地解释了氢原子光谱不连续的分布规律。

3. 玻尔模型的不足

玻尔原子模型能很好地解释氢原子和 He^+ 、 Li^{2+} 等(它们被称为类氢离子)的光谱,但对多电子原子的光谱的解释仍不能令人满意。这是因为原子、离子、电子等微观粒子的运动规律与宏观物体(如子弹、尘埃、导弹等)的运动规律是迥然不同的。要想在描述宏观物体运动规律的经典力学定律中渗透进一点反映微观粒子运动规律的量子化条件,从而解释微观粒子的运动状态,是不可能有人令人满意的结果的。只有从微观粒子的本性——波粒二象性(wave-particle duality)出发,建立起全新的量子力学,才能使探究核外电子运动规律的研究迈入一个崭新的阶段。

二、核外电子的分层排布

我们已经知道,原子的核外电子一般是按轨道能量由低到高的次序分层排布的,那么,是什么实验事实揭示了电子的这种排布规律呢?又是什么让我们断定这种排布规律是正确的呢?

1. 电子完全脱离原子所需的能量

原子从外界吸收能量后,电子会被激发进入较高能量的轨道。如果吸收的能量足够多,电子甚至可以完全脱离原子核的束缚而成为自由电子(free electron)。实验证明,从原子最外层移走一个电子(成为自由电子)所需要的最小能量,对不同的原子而言是各不相同的。表 1.1 列出了 1~19 号元素的气态原子失去第一个电子所需要的最小能量 I_1 的值,称为第一电离能(first ionization energy)。

表 1.1 1~19 号元素原子失去第一个电子
所需要的最小能量 I_1 ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)

元素	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
I_1	1310	2370	519	900	799	1090	1400	1310	1680	2080
元素	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	
I_1	494	736	577	786	1060	1000	1260	1520	418	

如果我们把表 1.1 中的数据画成曲线,可得图 1.3。

表 1.2 是气态的 Li、Na 和 Al 原子失去核外不同电子所需要的能量,称为各级电离能 I_i 。

拓展视野

量子力学是研究微观粒子运动规律的理论。20 世纪初发现的大量实验事实以及后来量子论的发展表明微观粒子具有波粒二象性特征,它们的运动规律与宏观物体迥然不同。量子力学用波函数(φ)来描述微观粒子的运动状态,用薛定谔方程来确定波函数的变化规律。德布罗意、薛定谔、海森堡、玻尔和狄拉克等人为建立量子力学作出过重要贡献。人们在该理论解决微观粒子诸问题时得到了与实验事实颇为相符的令人满意的结论。

表 1.2 Li、Na、Al 失去各
电子需要的能量($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)

各级电离能(I_i)	Li	Na	Al
失去第一个电子(I_1)	519	494	577
失去第二个电子(I_2)	7300	4560	1820
失去第三个电子(I_3)	11800	6940	2740
失去第四个电子(I_4)	/	9540	11600

思考与讨论

从表 1.1、表 1.2 的数据以及图 1.3 所示曲线,可以看出什么规律? 为什么说分析上述实验数据和曲线,可以得出“原子核外电子是分层排布的”这一结论?

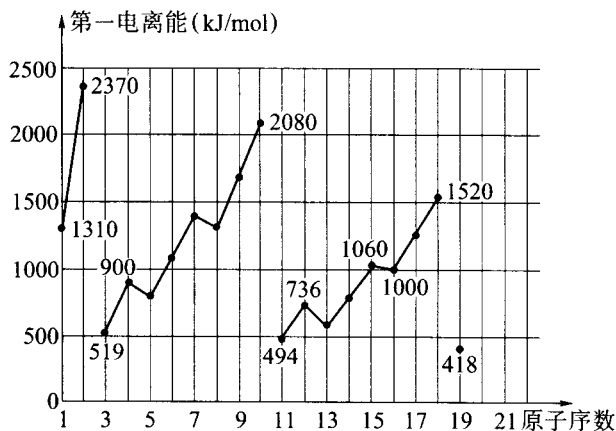


图 1.3 1~19 号元素 I_1 值变化曲线

2. 核外电子的分层排布

从上述 I_1 数据和 1~19 号元素原子的 I_1 值变化曲线以及 Li、Na、Al 原子失去第一、二、三(四)个电子所需要的能量,我们可以判断,随着核电荷数的递增,核外电子数也在增加,但它们是依次分层排布的。这 19 种元素的自由(气态)原子中,He、Ne 和 Ar 的 I_1 值比相邻元素都高出许多,而紧跟着它们的 Li、Na 和 K 的 I_1 值却突然减小。同时,He、Ne、Ar 均处于曲线的峰顶,而 Li、Na、K 则处于曲线的谷底。这说明 Li 的第 3 个电子并非排列在 K 层,而是排列在 L 层上。Na 的第 11 个电子已经开始排列在离核较远的 M 层上。同样, K 的第 19 个电子已排列在更远的 N 电子层上了。它们的能量突然地升高,因此它们的 I_1 值突然地减小了。这也告诉我们,在多电子原子中,能量较低电子通常在离核较近的区域内运动,能量较高的电子则在离核较远的区域内。于是,可以将核外电子分布在不同的电子层(electron shell)上,通常用 K、L、M、N、O 等符号来表示。

思考与讨论

1~19 号元素的 I_1 值中为什么 O 的 I_1 值比 N 的小,而 S 的 I_1 值也比 P 的小? 如果这个问题一时无法回答,可先放在一边,看看今后的学习能否为解决这个问题提供线索。

三、同层电子能量的差异

那么,同一个电子层上的电子能量是否完全相同呢?

1. 同层电子的能量不尽相同

后来对原子光谱的进一步研究发现,多电子原子的光谱线还具有更精细的结构。如果仔细观察可以看到,每根谱线都由若干根更细小的不连续的谱线组成。谱线的精细结构是原子中同层电子能量差异的反映。在氢原子中只有一个电子,因此不存在电子之间的相互作用。但对多电子原子而言,不仅存在核与每个电子的相互吸引,同时还存在各电子之间的相互排斥。电子之间的这种相互作用,必然导致同一电子层中电子能级的分裂,从而形成了有更细微差异的电子能级(electronic energy level)。同一电子层中有不同精细结构的能级,相当于有不同的亚层。处在不同亚层上的电子就有各不相同的运动状态。

2. 电子亚层(subshells)

按照光谱学的习惯, s 、 p 、 d 、 f 都用小写英文字母书写,表示电子亚层。

各电子层中的亚层的数目与电子层的序数相同,如K层 $n=1$,它的亚层数就只有1个,即 $1s$ 亚层;L层 $n=2$,它的亚层数为2,分别记为 $2s$ 和 $2p$;M层 $n=3$,它有三个亚层,分别记为 $3s$ 、 $3p$ 和 $3d$,依此类推。

多电子原子中,同一电子层上不同亚层电子的能量按 s 、 p 、 d 、 f 的顺序增大,如 $4s < 4p < 4d < 4f$ 。

下面我们列表对电子层和电子亚层作一小结。

表 1.3 电子层与电子亚层(能级)的关系

电子层	K	L	M	N	O	...
能级	$1s$	$2s, 2p$	$3s, 3p, 3d$	$4s, 4p, 4d, 4f$	...	...

四、电子云与轨道

阅读材料

电子运动的本性

电子、光子等微观粒子的运动有两个重要的特性。第一,它们既是粒子,又是波,因此既有微粒的性质,又有波动的性质,我们称它们具有波粒二象性。后来发现的电子的衍射现象有力地证明了电子的波动性。

波在传播时,经过障碍物边缘或孔隙时会发生波的相互干涉。一束光在通过小孔时,在孔后的屏幕上会出现明暗相间的条纹,这种现象称为衍射。而电子束经过晶体(晶体中原子间距只有 10^{-10}m ,足以成为电

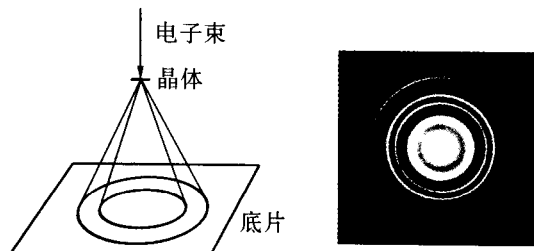


图 1.4 电子衍射示意图