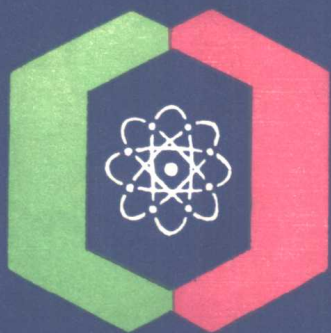


高中化学丛书



原子、分子和晶体结构

yuanzi fenzihejingtijiegou

354

40

高中化学丛书

原子、分子和晶体结构

宁 潜 济

天津科学技术出版社

高中化学丛书
原子分子和晶体结构
宁 潜 济

*

天津科学技术出版社出版
天津市赤峰道124号
天津市蓟县印刷厂印刷
天津市新华书店发行

*

开本 787×1092毫米 1/32 印张 6.625 字数 138,000

一九八三年九月第一版

一九八三年九月第一次印刷

印数：1—9,203

书号：13212·58 定价：0.81元

编者的话

《高中化学丛书》是为自学青年和高中学生编写的一套辅导读物。这套丛书按化学科学的专题知识分册编写，本书是其中一册。

这套丛书，通过对化学知识进行系统的综合、归纳和梳理，着重揭示高中化学基础知识间纵横两方面的内在联系；在此基础上，有目的地对学习中常见的错误和容易混淆的问题，以及化学知识中的某些难点等，进行了较详尽的剖析。本丛书可以帮助读者准确理解所学化学知识、扩大知识视野、培养思维能力、提高智力水平、掌握解题思路和技巧。

为了帮助读者掌握知识线索，丛书在每个分册各章的前面都写出“阅读指导”，章后总结有“内容提要”；同时，还结合具体知识给出了一定数量的较实用数据作为各册附录，以使丛书能起到工具书的作用。

本丛书可供读者平时学习使用，也可在单元总结、阶段复习和系统复习时使用。

限于我们的水平，书中若有错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

一九八三年三月

目 录

引言	1
----------	---

第一章 原子结构

阅读指导	3
第一节 原子的核式结构	4
一、从哲学的臆想到汤姆逊原子结构模型	4
二、罗瑟福原子模型	7
第二节 原子核	10
一、原子核的组成	10
二、原子核的质量	13
三、核素和同位素	16
第三节 核外电子	22
一、玻尔模型	22
二、电子的波粒二象性	24
三、几率	25
四、电子云	27
第四节 核外电子的运动状态	31
一、四个量子数	32
二、四个量子数决定核外电子运动状态	39
第五节 多电子原子中电子的排布	40
一、电子构成原理	40
二、原子中电子排布的表示法	46

三、原子中电子排布的举例	50
四、特征电子层（外围电子层）	59
第六节 原子的微观性质	60
一、电离能	60
二、电子亲和能	64
本章内容提要	65
习题	67
简要提示及答案	72

第二章 化学键

阅读指导	74
第一节 离子键	76
一、离子化合物的形成	76
二、离子化合物的结构	80
三、离子的性质	85
第二节 共价键	87
一、共价键的形成	88
二、共价键的性质	91
三、原子晶体	101
第三节 共价键的极性	104
一、两类共价键	104
二、元素电负性	105
三、构成共价键元素的氧化数	112
四、分子的极性	114
第四节 键角的两种解释	117
一、杂化轨道理论	117
二、价电子层电子对互斥理论	126

三、两种理论的比较	129
第五节 共价键的特例——配位键	130
一、配位键的形成	130
二、较复杂一些物质的配位键实例	133
三、构成配位键元素的化合价和氧化数	136
四、化合物中键型的多样性	138
第六节 电子配对法的优缺点	140
第七节 金属键	141
一、改性共价理论	142
二、能带理论	144
三、金属晶体的微观性质	146
本章内容提要	149
习题	152
简要提示及答案	156

第三章 分子间作用力和氢键

阅读指导	159
第一节 分子间作用力	160
一、分子间作用力的本质	160
二、分子间作用力对物质宏观性质的影响	166
三、分子晶体	169
第二节 氢键	171
一、氢键的形成	171
二、氢键的性质	173
三、氢键对物质宏观性质的影响	174
本章内容提要	178
习题	180

简要提示及答案	182
---------------	-----

【附录】

I 天然核素	184
II 电离能 ($\text{MJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	插页
III 电子亲合能 ($\text{MJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	199
IV 元素电负性标度	200
V 国际单位制 (SI制)	202

引 言

我们的周围是令人眼花缭乱的物质世界。构成这个世界的物质，在种类上是无穷尽的。目前，人们已认识了一百多种元素和几百万种化合物。物质无时无刻不在运动，而且物质之间是相互制约、相互作用、相互转化的；由于这种物质的运动、制约、作用和转化，形成了景色万千的自然现象。

化学是研究物质的科学之一，它把物质的组成、结构和变化规律作为自己探讨的主要方向。由一定客观条件所诱发的各式各样的化学变化，归根结蒂是渊源于物质自身内部结构的变化，外界条件正是通过物质结构这个内因才起了作用。物质结构理论是贯穿在全部化学科学中的一条知识主线。它对化学科学各个分支的指导作用十分明显。而且，随着物质结构理论的发展，这条主线的指导作用将会越来越明显和重要。

在化学科学面前有两个物质世界。

一个是宏观物质世界。这个世界表现的是物质形形色色的化学运动，也就是我们常说的化学变化。人们经过长期的艰苦探索，已经掌握了一部分重要的化学运动规律，但仍有许多规律还没有被认识或者没有被完全认识，加上新的物质和新的反应不断地被发现，因此，探索物质的化学运动规律是化学科学中的重要课题。化学运动完全不同于机械运动。

宏观的机械运动在速度不是太大的时候已被总结成牛顿力学，在速度接近于光速时已被总结成相对论力学。但是，这些理论却不能描述化学运动，因为化学运动是跟机械运动属于不同范畴的物质运动。

另一个世界是微观物质世界。这个世界存在于宏观物质的内部，属于分子、原子等等这些微观粒子。探讨分子、原子这些微观粒子的结构和构成它们的粒子的运动规律，是本书的基本内容。一定要注意，微观粒子的运动规律并不属于宏观机械运动的范畴，它们也不服从牛顿力学。物质运动的形式是无限多样的，机械运动只是其中的一种形式，而且是最简单的形式。在学习物质的微观运动时，一定要抛开我们很熟悉的机械运动而建立微观粒子运动的概念。

第一章 原子结构

阅读指导

这一章将介绍原子的结构，它是认识元素性质及本书后续知识的基础。

需要着重理解的是：

1. 原子具有核式的结构。本章介绍的罗瑟福实验等是为了指出原子核式结构的事实根据，在阅读时不要把这些当成重点；

2. 原子核由质子和中子构成，要着重认识质子和中子这两种亚原子粒子在核中所起的不同作用；

3. 核素、同位素和质量数三个基本概念以及同位素的原子质量与元素原子量之间的关系。原子质量和原子量在概念和单位上的差别被包括中学教材在内的很多书所忽视，但是这种差别在科学概念上却有很重要的意义；

4. 电子云的基本概念。在理解这个概念时一定要注意不能用牛顿力学的规律跟核外电子运动做任何形式的类比，因为电子的运动是不属于宏观机械运动范畴的微观运动。在核外电子运动中，电子具有能量是要注意的核心问题；

5. 核外电子分层排布。书中引入了四个量子数，目的是为了提供理论依据和描述电子的运动状态。四个量子数是从量子力学中得出来的，本书不可能介绍量子力学，因而要求读者只把这四个量子数当做科学结论接受下来，不必追究其

来源；

6. 在认识了电子核外排布规律的基础上，熟悉书写原子的轨道表示式、电子排布式、电子式和原子结构简图的方法；

7. 电离能的基本概念。

原子是构成宏观物质最重要的基石之一。远在古代，就对原子的存在产生了臆想。

近代化学开始于道尔顿 (J. Dalton, 1766—1844) 的原子论。十九世纪末叶以来，原子结构的研究一直是自然科学领域内一个重要的方面。它改变了经典物理学的面貌，导致了量子力学的建立，而量子力学与化学结合，则是现代化学的重要标志。一直到今天，对原子结构的深入研究仍然是现代科学中一个异常活跃的课题。

第一节 原子的核式结构

一、从哲学的臆想到汤姆逊原子结构模型

“原子”一词创始于古希腊德模克利特 (Demokritos, 公元前460—公元前370)。他是希腊著名思想家和哲学家，是杰出的朴素唯物主义者。他认为，物质是永远也不可能消灭的。他相信，千千万万种物质都是由最微小、最坚硬、不可入也不可再分的粒子所构成，这种粒子叫做“原子”，“原子”这个词的希腊文原义即“不可分割”。他还认为，不同数目、不同形状的原子以不同形式排列并连接起来就构成了宇宙间的万物。

德模克利特还赋予原子以永恒运动的属性。他认为，无数原子在空间不断地运动，不断地碰撞，这就形成了整个的世

界以及发生在世界中的一切事物。

在德模克利特的时代对以上的论述不可能提出什么科学的证据，这只是一种创造性的大胆臆想。我们从德模克利特的基本观点中可以看出他的原子理论闪耀着唯物主义的光辉；当自然科学积累了一定量的知识以后，德模克利特的基本观点终于在十九世纪初叶发展成做为近代化学基础的原子理论。

我国春秋战国时代是一个在学术上活跃的百家争鸣的时代，一些著名的思想家如惠施、墨翟等也都从不同角度提出了物质有不能再分的最小单位这种观点。在古印度，某些哲学派别如由迦那陀创立的胜论派，也对物质有类似的看法。不过，这些论述都有一定的片面性，不如德模克利特那样的全面和明确。

十八世纪末叶以后工业的发展促进了包括化学在内的自然科学的发展。在大量地积累了化学知识的基础上，英国学者道尔顿继承与发展了德模克利特的学说，于1803年提出了原子论。

道尔顿的原子论认为：

第一，元素的最终组成称为原子。原子是不可见和不可分割的，它们既不能创造也不能消灭，在化学变化中原子保持其本性不变；

第二，同一元素的原子，其形状、质量和各种性质都相同，不同的元素以不同的原子而相互区别。

道尔顿还创制了一些原子的表示符号，并初步提出了一些原子的相对质量，发表了第一张化学原子量表。尽管从今天的科学水平来看，道尔顿的原子符号有很多缺点，并已经

废弃不用，道尔顿的原子量也很粗糙，早已被修订得面目全非；但是，这位著名学者的辛勤劳动和历史功绩，仍然永远值得缅怀。

道尔顿的原子论是建立在科学事实基础上的理论，它标志着近代化学的开始。在道尔顿以后的一百多年时间里，人们一直把原子当成不可再分的、没有结构的质点来看待。但是，从十九世纪末以来，这种观点受到了一系列科学发现的巨大冲击。

英国学者汤姆逊 (J.J. Thomson, 1856-1940) 于188₇年发现了电子，这是一种比原子更小、存在于原子中并带有负电荷的粒子。

法国籍波兰科学家居里夫人 (M.S. Curie, 1867-1934) 和她的丈夫居里 (P. Curie, 1859-1906) 于1898年发现了具有放射性的元素钋，其后又发现了有更强放射性的元素钋和镭；在此以前，另一位法国学者贝克勒 (A.H. Becquerel, 1852-1908) 曾发现了元素铀的放射性。研究指出，这些放射性元素的原子内部不断地有物质粒子自发地抛射出来，在其周围形成了射线。

电子和元素放射性的发现表明了一个不容否定的客观事实：在原子的内部还存在着更小的粒子。这就表明，道尔顿的原子论只有在一定的范围内才是正确的，即：他所认为的原子不可再分的这种属性只是在它参加化学反应时才是这样，而在放射性变化（我们今天称之为核反应）中就不对了。这是对自德谟克利特到道尔顿长期延续的原子观的重大突破，人们清楚地认识了“原子不能再分”这一相对真理的适用范围。因此，现代化学正确地指出：原子是参加化学变

化的最小粒子.*这就是原子的现代定义。

这样，探讨并确定原子内部的结构就成为科学研究的一个重要前沿。

第一个提出原子结构模型的是电子的发现者汤姆逊。他认为，电子既然可以从原子内部释放出来，那么，在原子的内部一定有电子存在。与此同时，由于原子都是电中性的粒子，在原子的内部必须还同时有一种带正电荷的粒子与电子共存，并且，正电荷数必须跟电子数相等。他在1904年提出，原子是一个平均分布着正电荷的粒子，在这种粒子内于正电荷之间镶嵌着许多电子，以电子的负电荷中和了正电荷。图1-1中就是汤姆逊的原子结构模型。

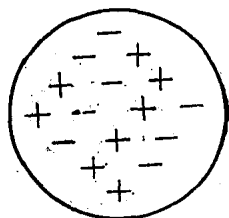


图1-1 汤姆逊原子结构模型

但是，汤姆逊原子结构模型是不正确的，它经受不起实践的检验。真正揭示出原子内部结构的功劳，属于英国著名学者罗瑟福(E. Rutherford, 1871-1937)和他的助手们。

二、罗瑟福原子模型

罗瑟福利用 α -粒子有穿透力的本领，发现了原子的核式结构，提出了正确反映客观事实的罗瑟福原子模型。

α -粒子是从放射性元素原子内部抛射出来的粒子，这种粒子流就是一种射线，叫做 α -射线。后面我们将指出， α -粒

* 应指出，在这里我们把离子当成带电荷的原子来看待，认为它是原子的一种特定形式。

子是没有电子的氢原子核，它带有正电荷。

为了探求原子内部的结构，罗瑟福及其助手们进行了如图1-2所示的实验。图中A是 α -射线源，它是一个源源不断地以高速向外发射 α -粒子的装置。这种以直线运动的带有正电荷的 α -粒子，从射线源直接射到离它不远的G上。G是一片很薄的金箔， α -粒子能够穿透这面金箔而过，落在荧光屏S上。

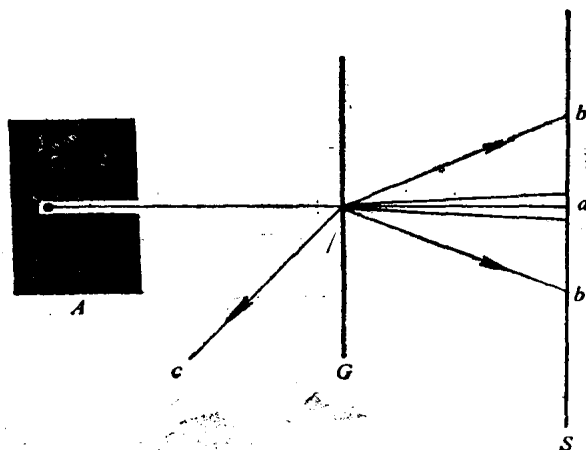


图1-2 罗瑟福实验装置

S是一块涂上了经过特殊处理的硫化锌屏幕，这种硫化锌受到 α -粒子打击时将会发出绿色的荧光*。利用观察在S上何处出现萤光的办法，就可找到 α -粒子穿过金箔以后的行踪。

如果汤姆逊原子结构模型是正确的，那么， α -粒子穿过金箔时的情况将会如图1-3(a)中所示的那样，即由于在原子

* 顺便提一下，夜明手表就是涂上这种硫化锌和微量放射性元素的，硫化锌受放射性元素放射出来的射线打击而发绿色的荧光。

内部正、负电荷是均匀分布的， α -射线基本上都会呈直线穿过，只有个别的 α -射线会有很小的折射现象。但是，实验的

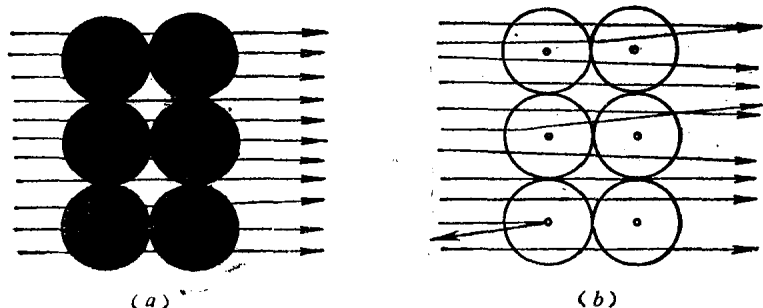


图1-3 α -粒子的散射

结果却完全不是这样。他们发现， α -射线穿过金箔时得到的行径如图1-3(b)所示。从这张图中可以看出，绝大部分的射线虽然都是毫无阻碍地穿过（参看图1-2中的a），但是有些 α -射线却受到了有力的排斥形成了强烈的折射（参看图1-2中的b），甚至有的射线好象遇到了什么严重的阻碍似的被弹射了回来。象这样被弹射回来的射线，只占从射线源射到金箔上射线总数的八千分之一至一万分之一。考虑到构成 α -射线的 α -粒子是带有正电荷的粒子，当然会合理地认为：把射线弹射回来的一定是构成金箔的金原子内带有正电荷的部分。

从这个实验中，可以得出什么结论呢？

首先，由于射到金箔上的 α -射线中只有很少被弹射回来，因此，原子中带有正电荷的部分并不是均匀地分布在整個原子之中，恰恰相反，它只是集中在原子内一个很小的区域。如果把原子和这个正电荷集中的区域都看成是球体，那