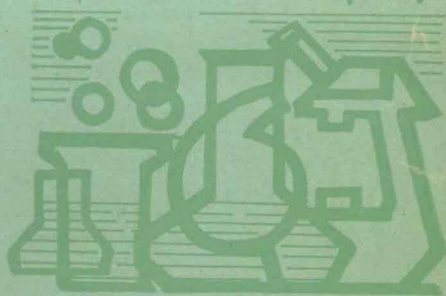


中学化学爱好者自学丛书

中等化学基础理论

龙腾明 主编

自学辅导 应考必备



黑龙江科学技术出版社

中学化学爱好者自学丛书

第一册

中等化学基础理论

审 校 姚文忠

主 编 龙腾明

副主编 王治杰

编 著 熊善明

发社

(黑)新登字第2号

责任编辑:周滨元

封面设计:翟威

中学化学爱好者自学丛书

中等化学基础理论
绚丽多彩的元素世界
中等有机化学
中等化学实验基础与能力培训
学习能力的综合考察

主编 龙腾明

黑龙江科学技术出版社 出版
(哈尔滨·南岗区·建设街35号)
新华书店重庆发行所 发行
(重庆·滩子口)

成都民盟书社 经销邮购
(成都·奎星楼街55号)

四川省金堂新华印刷厂 印装
(成都·金堂·文化街72号)

787×1092毫米 32开本 41印张 860千字

1992年8月第1版·1992年8月第1次印刷

印数:1—5000套 每套5册 定价:17.60元

本册定价:3.50元

ISBN 7-5388-1606-2/G·291

前 言

《化学爱好者自学丛书》，是根据国家教委新颁布的中学化学教学大纲和调整后的教学计划，以及现行中学化学教材编写的课外自学读物。

本丛书使科普性、趣味性、知识性、可读性、实用性和学习方法指导性融为一体。在知识的深广度上，立足于现行中学化学教材，参照调整后的教学内容，在不超越中学生的理解能力的前提下适当加深层次，以满足广大读者迫切需要的新知识，以期提高教与学的水平。本着既突出双基，又兼顾难度的原则，突出了中学化学应该掌握的基础知识、基本技能和要求。在写法上，从优化知识结构入手，注意了知识分类结构化、选材典型化、叙述演进梯度层次化、知识复盖完善化，达到了突出重点、突出规律和培养能力。因此，通过对本丛书的系统学习，能全面掌握中学阶段应该掌握的化学基础知识。全书从趣味性入手，十分注意启迪思维能力，若读者能立足于生产、生活实践，通过有趣的和极强的知识性的阅读和理解，一定能够将枯燥的、繁重的学习转化为较为轻松的学习，一定能够提高学习能力和理解能力。

根据中学化学知识自身的网络和结构，本丛书分为5册。每册既是独立的知识单元，而册与册之间的知识又互相联系、互相渗透，从而形成完整的知识体系。每册书中的各

节和全册的末尾，都分别编入了必须掌握的、大量的、多类型、多角度和多层次的《思考与练习》、《练习一》、《练习二》及答案。这些练习题，既注意了知识点的全面复盖、能力培训，又突出了标准化命题的特点，使之更加适应全面推广的、具有中国自己特点的标准化考试。以及通过每章、节的解题指导，一定会进一步提高分析问题和解决问题的能力。

本丛书在知识的处理上，既适合中学学生，又适合优秀学生；既适用于在校各年级学生课外阅读，又适用于化学爱好者自学；既适用于初、高中学生升学复习，又适用于化学竞赛需要；也适用于中学化学教师教学参考之用。

本丛书，由龙腾明，王治杰主持编写，各册分别由熊善明（成都十九中）、刘邦伟（成都石室中学）、龙腾明（成都石室中学）、刘汉苹（成都十二中）、钱明祥（成都七中）、唐荣德（成都六中）、冯季雄（成都西北中学）、潘久瑛（成都十中）等高级教师编著。最后由龙腾明统稿定稿，并经四川省教育学院科研处姚文忠处长审校。

本丛书在编写过程中，参阅了国内外有关著作和资料，得到了有关专家的帮助，得到了中国民主同盟成都市委员会和民盟成都书社的大力支持。在此，我们谨向关心和支持这套丛书出版和发行的单位和个人表示衷心的感谢。

我们怀着忠诚党的教育事业、热心为您服务的愿望，将这套丛书献给广大读者，相信它对您一定会有帮助。由于学识和时间的因素，本丛书一定会有不完善之处，敬请广大读者批评指正。

丛书编写组

一九九二年八月

绪 言

本书所涉及的知识是中等化学课程中的重要内容，既是学习的重点，又是学习的难点。

初学化学的人，往往感到各类物质的性质、制法、用途……十分零散、杂乱，既不好学，又不易记忆。其实各种物质表现出来的复杂、多变的性质，都是由这些物质的组成和结构所决定的。研究组成物质的各种微粒（分子、原子、离子……）的结构特点和规律，学习好物质结构的基础理论，可以使我们对以前所学的知识进行概括、总结和提高，也有利于应用理论去探索和研究以后将要学习的化学知识。

随着化学学习的深入，我们还将要研究物质在组成和结构方面的某些变化，发生这些变化的原因，变化过程的难易，伴随这些变化而引起的能量变化……。这就得学习化学反应速度、化学平衡和电解质溶液等有关知识。掌握了这些基础理论，可以使我们在研究某一个具体物质的变化过程时，知道怎样去分析矛盾诸方面的特点，怎样去选择最佳的反应条件，怎样去获得最大的生产效率。

应该指出的是：中学阶段所学习的化学基础理论还是很有局限的，结构理论在现阶段也还不很完善，因此，我们不可能用中学化学的基础理论去回答一切化学问题。一切从实验事实出发，具体问题具体分析，这就是我们最根本的出发点。

目 录

绪 言	(1)
第一章 物质结构	(1)
第一节 原子	(1)
第二节 元素周期律和周期表	(16)
第三节 化学键和分子的形成	(28)
第四节 分子的极性	(41)
第五节 分子间作用力和氢键	(49)
第六节 晶体世界	(57)
第二章 化学反应速度和化学平衡	(63)
第一节 化学反应速度	(63)
第二节 化学平衡	(74)
第三节 化工生产原理及适宜条件的选择	(97)
第三章 电解质溶液及其应用	(103)
第一节 电解质	(104)
第二节 溶液的酸 碱 性 和pH值	(135)
第三节 离子反应和盐类的水解	(155)
第四节 氧化——还原反应与电化学	(182)

练习一·····	(218)
练习二·····	(232)
思考与练习答案·····	(246)
练习一答案·····	(251)
练习二答案·····	(252)

第一章 物质结构

你知道吗？大千世界，众多的物质，千奇百怪的变化，追根溯源，都可归结到100多种元素的原子身上。本章我们将系统地讨论这些原子的结构特点，原子结构的规律，以及原子怎样互相结合成各种各样的分子，怎样去组成我们这个五彩缤纷的世界。

这部分知识的学习，将使我们把化学知识系统化，使化学成为可理解的、容易加以记忆的、有趣的一门学科。

下面，我们将按原子，原子核外电子的运动状态，元素周期律，化学键，分子的极性，分子间作用力，晶体……的顺序，展开对物质结构的研究。

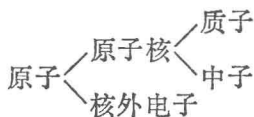
第一节 原子

原子究竟是什么？1803年道尔顿提出了原子学说，认为原子是一些简单的实体。但从19世纪后半叶起，科学上的许多新发现揭示出原子并不是“不可再分”的最小微粒，原子本身具有复杂的结构，它们是由许多微小的粒子组成的。本节我们将讨论的粒子仅包括质子、中子和电子。

一、原子的组成

(一) 组成原子的微粒

原子的组成可用如下图所示表示：



质子、中子、电子这3种微粒的有关性质如下：

表 1-1

	符号	电 性	相对质量 (^{12}C 质量的1/12) 作为原子量标准)
质子	Z	1个质子带1 个单位正电荷	1.007
中子	N	不带电	1.008
电子	e	1个电子带1 个单位负电荷	1/1836

因此，在原子的组成方面，应存在如下一些关系。

(1) 核电荷数 = 质子数 = 核外电子数 = 原子序数。

(2) 原子质量数 (A) = 质子数 (Z) + 中子数 (N)。

原子质量数是用该原子质子和中子的相对质量取整数来表示的原子的近似原子量。

这样，某种原子的组成，我们可以表示为：



例如：① $^{18}_8\text{O}$ 表示这种氧原子的质量数为18，核内质子数为8。

那么，该原子的中子数则为 $18 - 8 = 10$

②若质量数为m的某元素的离子 R^{3+} 有 n 个电子，则其

中子数为 $m - n - 3$

[R原子的质子数为 $n + 3$, 故中子数为: $m - (n + 3) = m - n - 3$ 。]

(二) 同位素与元素的原子量

1. 概念

既然原子的质量集中在原子核上, (由质子数和中子数决定,) 而质子、中子的相对质量都接近于整数 1。为什么各种元素的原子量都有小数?

1911年, 科学家在分析矿石中的铅的原子量时发现, 从铀中得到的铅的原子量为 206, 从钍中得到的铅的原子量为 208, 从铯中得到的铅的原子量为 207。由此发现, 同一元素还有几种质子数相同而中子数不同的原子, 这些原子就互称为同位素。

2. 同位素的特点

同一元素的同位素有 2 个特点:

(1) 化学性质相同。

(2) 各种天然同位素在自然界所占的百分组成一般不变。

因此, 某种元素的原子量就应该是各同位素原子量的平均值。

3. 元素原子量的计算

若元素 R 的 2 种同位素为:

表 1-2

同位素	同位素的原子量	在自然界百分含量
b_aR	d	$g\%$
c_aR	f	$h\%$

该元素原子量为： $d \cdot g\% + f \cdot h\%$

该元素近似原子量为： $b \cdot g\% + c \cdot h\%$

例：铜有 2 种天然同位素 ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ 、 ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ ，参考铜的原子量，估算 ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ 的百分含量约是（ ）

(A) 20% (B) 25% (C) 50%

(D) 66.7% (E) 75%

解 1

铜的原子量约为 63.5，设 ${}^{63}\text{Cu}$ 的百分含量为 x ，则：

$$63 \times x + 65 \times (1 - x) = 63.5$$

$$x = 0.75 = 75\%$$

解 2 (估算法)

1 个 ${}^{63}\text{Cu}$ 的质量数比平均原子量小 0.5 (63.5—63)

1 个 ${}^{65}\text{Cu}$ 的质量数比平均原子量大 1.5 (65—63.5)

可见 1 个 ${}^{65}\text{Cu}$ 比平均值多出的质量，恰好可以“补偿”

3 个 ${}^{63}\text{Cu}$ 比平均值少的质量，因此 ${}^{65}\text{Cu}$ 与 ${}^{63}\text{Cu}$ 按 1 : 3 比例混和后，由于互相补偿的结果，平均原子量就是 63.5。故

$${}^{63}\text{Cu} \text{ 的百分含量约为 } \frac{3}{3+1} = 75\%$$

4. 放射性同位素

同位素可分为稳定同位素和不稳定同位素，天然存在的同位素多数是稳定同位素。一般说来，原子序数在 84 以后的元素具有放射性，它们会自发地放出某种射线 (α 射线、 β 射线、 γ 射线等)，本身则蜕变为其它元素的同位素。因此，不稳定同位素也叫放射性同位素。

除天然存在的放射性同位素外，目前已经合成了很多人工制造的放射性同位素。

有趣的是，放射性同位素放出某种射线，蜕变为其它元素后，本身就不存在了。而有些放射性同位素存在的寿命又很短，如氡的放射性同位素 ^{222}Rn ，经过3.825天，质量就会因蜕变而损失一半。放射性同位素蜕变到原来一半数量所需要的时间叫半衰期， ^{222}Rn 的半衰期就是3.825天。半衰期最短的 ^{212}Po ，其半衰期只有 3.0×10^{-7} 秒。那么，为什么各元素的同位素在地壳中的含量一般保持不变呢？

这是因为天然放射性元素之间，互相形成了一个的系统。以铀放射系为例：铀经过几步蜕变可转化为镭，镭又经蜕变可转化为氡，氡再蜕变又转化为钋……。镭、氡、钋等等一方面不断生成，另一方面又不断蜕变，而且生成和蜕变之间达到一种“平衡”状态，故各同位素的含量一般就保持不变了。

在自然界，这样的天然放射系一共有3个，3个天然放射系的起始元素（最初的母核）是铀235、铀238、钍232。由于这3种同位素的半衰期特别长，在数量级上与地壳的年龄也相差不大，因而形成了周期系中比较稳定的放射性系列。

放射性同位素在下列几方面有着广泛的应用：

（1）射线的利用

工业上，常利用放射性同位素放出的射线具有的穿透本领和电离本领去检查金属材料的内部损伤、测量金属板的厚度等。

化工生产上，常利用放射性同位素的射线来促进小分子合成大分子。

农业上，用 γ 射线照射种子，使其发生变异而选育出新的优良品种。另外，还可利用射线防止虫害、杀菌、抑制种子

发芽、延长保存期等。

医学上，利用射线能抑制和破坏细胞的活动来治疗某些疾病。

(2) 示踪原子

在某物质中渗入少量同一元素的放射性同位素，该物质在物理、化学或生物变化过程中的踪迹就可以被专门的仪器探测到，从而为科学研究、工农业生产、医疗应用等提供了宝贵的信息和资料。

比如炼钢时，在原料中渗入少量硫和磷的放射性同位素，就可以快速分析脱硫、脱磷的情况；农业上，用含有示踪原子的化肥做实验，可以研究肥料的利用效率，改进施肥方法；医学上则可利用示踪原子诊断某些疾病。

二、原子核外电子的运动状态

(一) 测不准原理和电子云

原子的化学性质是由原子核外电子的运动状态决定的，那么，核外电子的运动有什么特点呢？

一方面电子运动的范围极小，另一方面，电子运动的速度又极高，假如电子以其绕核运动的平均速度去围绕地球的赤道运动，则一秒钟可以绕地球5圈多。因此，要想具体地描绘出原子核外某个电子运动的轨迹或位置是不可能的。德国著名的物理学家海森堡(Heisenberg)在1927年把这种情况总结为海森堡“测不准原理”，并得到世界的公认。

虽然一个电子的准确位置或运动途径无法测定，但是，我们可以知道电子在原子核外空间的某些区域内大量出现的机会。如果把电子在某一空间的大量出现比喻为“带负电的

云雾笼罩在原子核的周围”，这就是所谓的电子云的概念。

我们可以用“电子云”来描述核外电子的运动情况。

(二) 电子运动状态的 4 个方面

借助于电子云，我们可以从下列几个方面对原子核外电子的运动状态进行描述。

1. 电子层

我们已经知道，多电子原子中的电子云是分不同的电子层的，也即核外电子的能量并不相同。

核外电子运动的位置“测不准”，怎样证明电子处在不同的电子层呢？这可以从元素电离能的数据来分析研究：

以硼原子 B 为例，将气态硼原子的电子去掉，使其变为气态阳离子、需要克服原子核的引力而消耗能量，这个能量即是“电离能”。

从 $B \rightarrow B^+$ （去掉原子中第一个电子）需要的能量叫第一电离能，（记为 I_1 ）。

从 $B^+ \rightarrow B^{2+}$ 需要的能量叫第二电离能（记为 I_2 ）。余类推……。

由于原子去掉电子变成阳离子后，剩下的电子所受到的核电荷的引力将更大，因此，将原子的电子一个一个逐渐去掉时，其电离能总是逐渐增大的。

这样我们就可以推论：如果硼原子的 5 个电子能量均相同，即不是分层排布，那么逐渐去掉硼原子的 5 个电子所需要的能量将是逐步地、比较“均匀”地增大的。

反之，若硼原子的 5 个电子处于不同的电子层，由于离核近的电子能量低，将其去掉时需要的能量大；离核远的电子能量高，将其去掉需要的能量则小。这样，硼的 I_1 到 I_5 的

变化趋势必然是：在逐渐增大的同时，因内、外层电子能量的差异，一定会出现一个较大的突变值。

实验测定，硼的电离能数据为：（电子伏特）

表 1-3

原子	电离能 I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
B	8.3	25.1	37.9	259.3	340.1

由于 $I_3 \sim I_4$ 之间有一个较大的突变值，充分证明硼的5个电子是处于核外的两个不同能层的。

为了研究方便，原子核外电子层表示为：

表 1-4

电子层(n)	1	2	3	4	5	6	7	……
符号	K	L	M	N	O	P	Q	
能量	低—————→高							

2. 电子亚层（电子云的形状）

对原子的光谱分析发现，同一电子层内的电子，其运动状态和所具有的能量还有微小差别，它们电子云的形状也不相同。为了描述电子运动的这种特点，我们把这种差别叫做不同的亚层。记为S、P、d、f。

这几种亚层能量依次升高的顺序是： $S < P < d < f$ 。

S电子云的形状为球形，P电子云形状为纺锤形，d、f电子云的形状比较复杂。

各能层所具有的电子亚层数是不同的，表示如下：

表 1-5

能层	K	L	M	N
亚层数	1	2	3	4	
表示符号	1S	2S、2P	3S、3P、3d	4S、4P、4d、4f	

3. 电子云的伸展方向 (轨道)

S电子云是球形,因而在空间无方向性。P电子云是纺锤形,在空间就可能有不同的伸展方向。实验研究证实,P、d、f亚层在空间均有不同的伸展方向。因此,研究原子核外电子的运动状态,除了要描述其所在的能层、亚层外,还应描述该电子云在空间的伸展方向。习惯上,把一定形状和伸展方向的电子云所占有的空间称为一个轨道。

P电子云有3个方向,d电子云有5个方向、f电子云有7个方向。同一能层的P电子云的3个方向可记为 P_x 、 P_y 、 P_z ,它们的能量相同,伸展方向互相垂直。

根据能层、亚层、轨道之间的关系可以推知,每个能层的轨道数最多为 n^2 。

4. 电子的自旋

电子在核外空间高速运动的同时,还有2种不同的自旋状态,可记为“ \uparrow ”或“ \downarrow ”。

综上所述,要说明原子核外某个电子的运动状态,必须从电子云的“能层、形状、伸展方向、自旋状态”4个方面来描述。简称“层、形、伸、旋”。

三、核外电子的排布

(一) 排布规律——两原理、一规则