

中学化学专题丛书

翁钟贵 主编

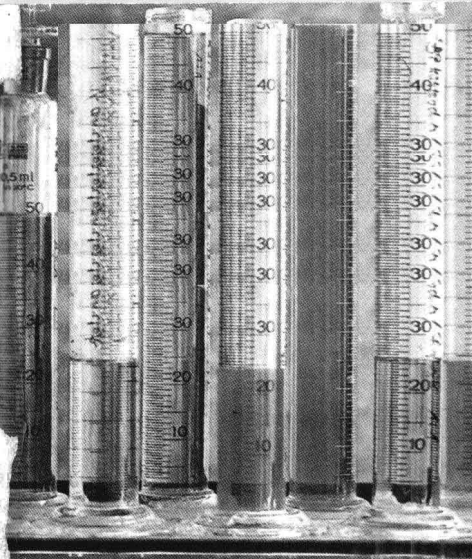


向金炳 编著

物质结构 元素周期律

ZHONGXUE HUAXUE ZHUANTI CONGSHU

湖北教育出版社



中学化学专题丛书

翁钟贵 主编

物质结构 元素周期律

向金炳 编著

6

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

物质结构元素周期律/向金炳编著. —武汉:湖北教育出版社, 2001

(中学化学专题丛书/翁钟贵主编)

ISBN 7-5351-2929-3

I. 物… II. 向… III. ①物质-结构-中学-教学参考资料 ②化学元素周期表-中学-教学参考资料
IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 026854 号

出版 发行:湖北教育出版社
网 址: <http://www.Hbedup.com>

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:83625580

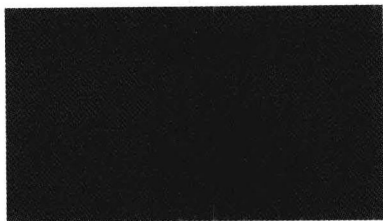
经 销:新 华 书 店
印 刷:文字六〇三厂印刷
开 本:787mm × 1092mm 1/32
版 次:2001 年 5 月第 1 版
字 数:121 千字

(441021·湖北襄樊盛丰路 45 号)
1 插页 6 印张
2001 年 7 月第 2 次印刷
印数:5 001—10 000

ISBN 7-5351-2929-3/O·35

定价:8.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换



本册说明

物质结构、元素周期律、化学反应速率和化学平衡、电解质溶液这四大理论,贯穿在整个中学化学教学中,而物质结构及元素周期律又是核心,结构决定其性质,性质又决定变化,而元素周期律正好揭示了元素及其化合物的变化规律,所以有人说元素周期律是打开化学知识宝库的金钥匙。

本册内容的重要地位,决定了本册必须详细,以便更好地服务教学。在编写过程中,始终紧扣教材,又略高于教材,紧扣大纲考纲,又针对高考和竞赛的实际。本册共分五章,每章的知识点由理论知识、内容提要、例题三个部分组成。理论知识注重通俗易懂,科学严密,讲究实用化、科普化;内容提要紧抓要

点考点,突破难点,强化热点,力求系统性和规律性有机地结合;在例题的编选上,立意于题新、题全、题活,在解析上教方法,传技巧,以提高综合运用的应试能力。

编写过程中,参考了多位专家的优秀著作,并吸收了其中部分的优秀成果,在此表示衷心地感谢。

参加编写的还有晓莉、吴明等同志。宋业明审定了整部书稿。

目 录

第一章 原子的组成	1
一、电子	1
1. 阴极射线	1
2. 电子的电荷和质量	2
3. 电子的大小	2
二、原子核	2
1. 原子核	2
2. 质子	3
3. 中子	3
4. 质量数	3
三、同位素	7
四、原子量	12
1. 丰度	12
2. 同位素的原子量	12
3. 同位素的近似原子量	13
4. 元素的原子量	14
5. 元素的近似原子量	14
第二章 核外电子的运动规律	19
一、电子云	19
二、核外电子的运动状态	24
1. 电子层	24
2. 电子亚层	27
3. 电子云的伸展方向	29

4. 电子的自旋	32
三、原子核外电子的排布	34
1. 泡利不相容原理	35
2. 能量最低原理	36
3. 洪特规则	42

第三章 元素周期律 49

一、核外电子排布的周期性变化	49
二、原子半径的周期性变化	53
三、第一电离能的周期性变化	57
四、元素主要化合价的周期性变化	59
1. 化合价	59
2. 氧化数	61
3. 价电子	62
4. 化合价递变规律	63

第四章 元素周期表 74

一、元素周期表的结构	74
1. 周期	74
2. 族	76
3. 元素分区	78
二、原子结构跟元素的金属性和非金属性的关系	89
1. 同周期元素金属性和非金属性的递变	93
2. 同主族元素金属性和非金属性的递变	94
三、元素周期律的意义	112

一、离子键	116
1. 离子键的形成	116
2. 离子键的特点	118
3. 电子式	119
4. 离子的特征	121
二、共价键	125
1. 共价键	125
2. 键的极性与分子的极性	138
三、分子间作用力	149
1. 分子间作用力的特点	150
2. 分子间作用力对物质 物理性质的影响	150
3. 氢键	151
四、金属键	158
五、晶体	160
1. 离子晶体	162
2. 分子晶体	166
3. 原子晶体	167
4. 金属晶体	169
5. 过渡型晶体	171

第一章

原子的组成

从 1803 年道尔顿提出原子论后，人们对物质结构的认识得出了一些初步结论。物质由分子组成，分子由原子组成，原子是不可再分的最小微粒。但后来的研究很快否定了这一理论。

一、电子

1. 阴极射线

1879 年，英国物理学家克鲁克斯在实验室研究玻璃管内稀薄气体的放电现象时，发现阴极能发射出来一种射线（即阴极射线）。后来科学家们经过研究阴极射线的性质，证明阴极射线是一种带负电的粒子流，这种从阴极发射出的带负电的粒子叫电子。

电子不仅能从阴极射线管中得到，当光照射在较活泼的金属上时，金属能释放电子，从而产生光电效应。当然通过其他方法也可以释放电子。但不管释放电子的方法如何，所有电子的性质都是相同的。另外电子可以从任何种类的原子中放出，由此确证电子是一切原子的组成部分，从而有力证

明了原子是分可的。

2. 电子的电荷和质量

在 1897 年, 英国物理学家汤姆逊测定了电荷的荷质比 ($e/m = 1.75880 \times 10^{11} \text{ C/kg}$)。1909 年美国芝加哥大学的物理学家密立根用油滴测出了电子的电荷 ($1.60219 \times 10^{-19} \text{ C}$), 由此计算出电子的质量为 $9.110 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。

3. 电子的大小

电子的半径尚未精确测定, 经实验估计, 电子的半径约为 10^{-15} m 。

内容提要:

(1) 电子是很小、很轻的亚原子粒子, 半径约为 10^{-15} m , 质量为 $9.110 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 约为最小氢原子质量的 $1/1837$ 。以原子量单位为标准, 电子的相对质量为 0.00055, 在整个原子中所占的质量分数极小, 因而原子质量在很多情况下可忽略电子的质量。

(2) 电子带负电, 一个电子所带的电量为 $1.60219 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。科学上把一个电子所带的电量定为 1 个单位电荷, 叫电子电荷。电子电荷是电量的最小单位, 所有带电物体所带电量的绝对值都等于电子电荷的整数倍。

二、原子核

1. 原子核

1911 年, 英国物理学家卢瑟福通过 α 粒子散射实验提出

了原子核的概念，从而建立了有核原子模型。原子核位于原子的中心，半径的数量级为 $10^{-15} \sim 10^{-14} \text{ m}$ ，约为原子半径的万分之一，体积只占原子体积的几千亿分之一。原子核几乎占有全部原子的质量，原子的质量主要由原子核所决定。原子核带正电，原子核所带的电量跟核外电子的电量相等而电性相反，所以，整个原子是呈电中性的。

2. 质子

1919年，卢瑟福用镭放射出的具有高能的 α 粒子作“炮弹”去轰击一些元素的原子核，发现能产生一种新粒子即质子，证明质子是原子核的组成部分。质子带正电，1个质子所带电量为 $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ （库仑），与电子所带的电量相同。如以电子电荷为单位，则1个质子带1个单位正电荷。质子质量为 $1.67265 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，若以原子量单位为标准，质子的相对质量为1.0073。

3. 中子

1930年，德国物理学家波德和柏克用钋发射出来的 α 粒子轰击铍核等一些原子核时能产生一种射线。1932年英国物理学家证实此射线由中子组成。说明中子也是组成原子核的基本粒子。中子是一种中性粒子，不带电荷。中子的质量为 $1.67495 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，为1.0087原子量单位，比质子质量略大。

4. 质量数

对于原子来讲，其质量主要集中在原子核上，电子质量可忽略不计。作为原子量标准的那种碳原子的质量是 $1.99270 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ，它的1/12为 $1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 。由此知质子、中子的相对质量为1.007和1.008，两者的近似整数值均为1。

如果忽略电子的质量，将原子核内所有的质子和中子的相对质量取近似整数值加起来所得的数值即为该种原子的近似相对质量，此值叫做该种原子的质量数，用符号 A 表示。若质子数的符号用 Z 表示，中子数用符号 N 表示，则：

$$\text{质量数}(A) = \text{质子数}(Z) + \text{中子数}(N)$$

因此，只要知道上述三个数值中的任意两个，就可以推算出另一个数值来。

若用 X 代表元素符号，在元素符号左下角记质子数，左上角记质量数，则原子可记为 A_ZX ，即 A_ZX 代表一个质量数为 A 、质子数为 Z 的原子。构成原子的粒子间的关系可以表示如下：

$$\text{原子} ({}^A_ZX) \begin{cases} \text{原子核} \begin{cases} \text{质子} & Z \text{ 个} \\ \text{中子} & (A - Z) \text{ 个} \end{cases} \\ \text{核外电子} & Z \text{ 个} \end{cases}$$

内容提要：

(1) 原子是由居于原子中心带正电的原子核和核外带负电的电子构成。

(2) 原子核由带正电荷的质子和不带电的中子构成。质子带一个单位正电荷，相对质量近似为 1。中子不带电，相对质量也近似为 1。由于中子不带电，原子核的核电荷数等于组成原子核的质子数。即：

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

(3) 质量数 $(A) = \text{质子数}(Z) + \text{中子数}(N)$

【例 1】 道尔顿的原子学说曾经起了很大作用。他的学

说中, 包含有下述三个论点: ①原子是不能再分的粒子; ②同种元素的原子的各种性质和质量都相同; ③原子是微小的实心球体。从现代的观点看, 你认为这三个论点中, 不确切的是

- A. 只有③ B. 只有①③
C. 只有②③ D. ①②③

【答】D

【解析】①原子可再分为原子核和核外电子, 原子核还可分为质子和中子。故不正确; ②同位素的某些物理性质和质量都不相同。故不正确; ③原子很小而原子核更小, 它的半径约为原子的万分之一, 它的体积只占原子体积的几千亿分之一。电子是质量很小的带负电荷的微粒, 它在原子这样大小的空间 (直径约为 10^{-10}m) 内作高速运动。故不正确。

【例2】 填写下表

符号	质子数	中子数	质量数	电子数	核电荷数
${}^{39}_{19}\text{K}$					
Al^{3+}			27	10	
S^{2-}		16			16

【答案】 ${}^{39}_{19}\text{K}$: 19; 20; 39; 19; 19。

Al^{3+} : 13; 14; 13。

S^{2-} : 16; 32; 18。



注意点

解答此题要注意如下规律:

(1) 中性微粒: 质子数 = 核外电子数 = 核电荷数

(2)阳离子:质子数=核外电子数+正电荷数

(3)阴离子:质子数=核外电子数-负电荷数

【例3】 已知元素X、Y的核电荷数分别是 a 和 b ,它们的离子 X^{m+} 和 Y^{n-} 的核外电子排布相同,则下列关系式中正确的是

A. $a = b + m + n$ B. $a = b - m + n$

C. $a = b + m - n$ D. $a = b - m - n$

【答】 A

【解析】 X^{m+} 离子的电子数为 $a - m$, Y^{n-} 离子的电子数为 $b + n$ 。因为 X^{m+} 和 Y^{n-} 离子的核外电子排布相同,即两离子的核外电子数相等,故为 $a - m = b + n$,所以 $a = b + m + n$ 。

【例4】 若 N_0 为阿伏加德罗常数,已知某元素的阴离子 R^{n-} 的原子核中,中子数 $A - x + n$,其中 A 为原子的质量数,则 $m \text{ g } R^{n-}$ 中电子总数为

A. $m (A - x) N_0 / A$ B. $m (A - n) N_0 / A$

C. $(A - x - n) N_0 / (A - m)$ D. $mx N_0 / A$

【答】 D

【解析】 $m \text{ g } R^{n-}$ 的总物质的量为 $\frac{m}{A} (\text{mol})$

一个 R^{n-} 离子所含的电子数为 $[A - (A - x + n) + n] = x$

$\therefore m \text{ g } R^{n-}$ 的电子数为 $\frac{m}{A} \cdot N_0 \cdot x = mx N_0 / A$, 应选D。

【例5】 欧洲核子研究中心于1995年9~10月间制成了世界上第一批反原子——共9个反氢原子,揭开了人类制造

与利用反物质的新篇章。反氢原子的核电荷数是(标明正负号) _____, 核外的正电子数是 _____。

【答】 -1, 1

【解析】 反原子与我们所学习过的原子性质正好相反(题中信息已明确)。反原子的核电荷带负电, 核外正电子带正电, 且核电荷数与核外电子数相等。故反氢原子的核电荷数为-1, 核外的正电子数为1。

【例6】 A、B两元素可组成化合物 A_2B , 每个 A_2B 分子中有46个电子, 中子数比电子数多2个。已知 $1\text{mol } A_2B$ 可以与 2mol 硝酸反应, 则 $9.4\text{g } A_2B$ 可与 _____ $\text{g } 10\%$ 的硝酸恰好完全反应。

【答】 126

【解析】 因每个 A_2B 分子中有46个电子(即46个质子), 48个中子, 即 A_2B 的摩尔质量为 94g/mol 。又 $1\text{mol } A_2B$ 可以与 2mol 硝酸反应。故 9.4g 即 $0.1\text{mol } A_2B$ 所需 10% 的硝酸为 $\frac{0.1\text{mol} \times 2 \times 63\text{g/mol}}{10\%} = 126\text{g}$ 。

三、同位素

1911年, 科学家在分析铀、钍、镭放射性矿石中铅的原子量时, 发现从铀得到的铅的原子量为206, 从钍得到的铅的原子量为208, 从镭得到的铅的原子量为207, 由此发现了同位素。事实上, 同一元素具有不同质量的原子是非常普遍

的现象。

为什么同一元素存在不同质量的原子呢？对同一元素的原子来讲，核外电子是相等的。负电荷数值相等，决定了元素原子的核电荷数相等，而核电荷数又由质子数决定，即每种元素的原子核里的质子数也为定值，故同一元素原子的质量不等只能是原子核中中子数不同所致。例如，氢元素的原子都含 1 个质子，但有的氢原子不含中子，有的氢原子含 1 个中子，还有的氢原子含有 2 个中子。不含中子的氢原子叫做氕（音 piē）；含 1 个中子的氢原子叫做氘（音 dāo），就是重氢；含 2 个中子的氢原子叫做氚（chuān），就是超重氢。为了便于区别，将氕记为 ${}^1_1\text{H}$ ，氘记为 ${}^2_1\text{H}$ （或 D），氚记为 ${}^3_1\text{H}$ （或 T）。

人们将原子核具有相同的质子数和不同的中子数的同一元素的原子互称同位素。由于这一类原子质子数相同，电子数也相同，它们的化学性质几乎完全相同，在元素周期表中占有同一个位置，故而把这一类原子定名为同位素。许多元素都存在同位素这一现象。上述 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 是氢的三种同位素， ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 是制造氢弹的材料；铀元素有 ${}^{234}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 等多种同位素， ${}^{235}_{92}\text{U}$ 是制造原子弹的材料和核反应堆的原料；碳元素有 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 等几种同位素， ${}^{12}_6\text{C}$ 就是我们将它的质量当做原子量标准的那种碳原子（通常也叫碳—12）。现今发现的元素虽只有 112 种，但其中大部分元素都有同位素，自然界存在的同位素大约有 300 多种（如锡有 10 种天然同位素），人工制造的同位素大约有 1000 多种。一般来说，核电荷数为奇数的元素只有一、二种天然同位素，核电荷数为偶

数的元素，则有较多的天然同位素。

内容提要：

(1) 同位素：质子数相同、中子数不同的原子是同一种元素的不同原子，它们互称同位素。

(2) 元素的种类由质子数决定；原子的种类由质子数和中子数共同决定；元素原子的核电荷数由质子数决定；元素是否存在同位素取决于元素的原子中是否具有不同的中子数。

(3) 同一元素的各种同位素的化学性质几乎完全相同。

元素的化学性质取决于元素的核外电子层排布，由于同一元素的各种同位素具有相同的核外电子层排布，故它们的化学性质相同。但由于组成同一元素的各种同位素的中子数不同（即原子核不同），使得核对核外电子的作用也有微弱的影响，从而使它们的化学性质也有微小的差异，不过这种差异在一般情况下难以表现出来。所以只能说同一元素的各种同位素的化学性质几乎相同，而不能说完全相同。

(4) 同位素的不同原子构成的单质（如 H_2 、 HD 、 D_2 、 T_2 ）化学性质几乎完全相同。

(5) 同位素构成的化合物（如 H_2O 、 D_2O 、 T_2O ）的物理性质不同，化学性质几乎相同。

【例 1】 我国科学家在世界上首次合成三种新核素，其中一种新核素的名称是铪—185。关于铪—185 的下列说法中正确的是

- A. 是一种新元素 B. 原子核内有 185 个质子
C. 是一种新的原子 D. 是铪—180 的一种新的同位素