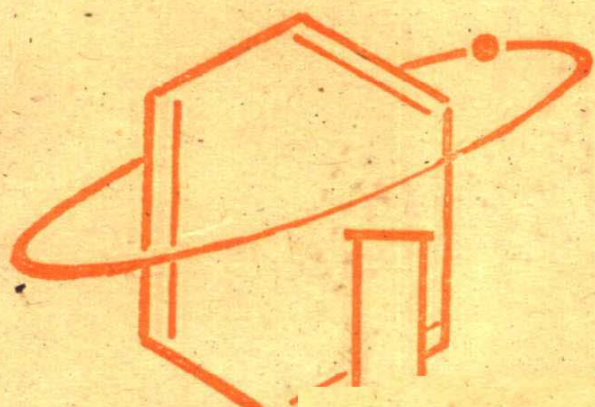




工农业余中等学校高中课本

化 学

上 册

人 民 教 育 出 版 社

G723.4
8

工农业余中等学校高中课本

(试用本)

化 学

上 册

工农教育教材编写组编

*

人民教育出版社出版

湖北人民出版社重印

湖北省新华书店发行

咸宁地区印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印张 8.25 插页1 字数170,000

1980年1月第1版 1982年1月湖北第4次印刷

印数74,001—87,000

书号 K7012·0241 定价 0.57元

说 明

教育部工农教育局组织十六个省市的一些教师及有关人员，根据全日制中小学教材的基本要求，结合工农学员的特点，编写了工农业余中等学校语文、数学、物理、化学课本和业余初等学校语文、算术课本，供各地试用。

工农业余中等学校高中化学课本共两册。上册在初中化学学习物质结构和元素周期律初步知识的基础上，进一步从微观的、定量的角度阐述物质的结构和变化规律。同时分章节介绍各主族元素和过渡元素的通性，有目的地选学一些在现代科学技术中有广泛应用的、有发展前途的元素和化合物的知识。基础理论方面，课本中介绍了化学反应速度和化学平衡、电离平衡等，注意到概念之间的相互联系、概念本身的发展和生产实际的结合。这一册课本的教学总时数约需75课时。

各校在使用这一课本时，根据学员的不同行业、不同要求，可以对课本内容进行重点选教或增删，但必须使学员正确地理解和掌握课本各章节的基本内容。

由于编写人员的水平和经验有限，编写时间匆促，课本内容的取舍和体系的安排是否合适，例、习题分量是否恰当，希望各地在试用过程中多多提出批评和建议，以便再版时修改。

编 者

一九八〇年一月

目 录

第一章 物质结构 元素周期律	1
第一节 原子核.....	1
一、原子核(1) 二、同位素(2)	
第二节 核外电子的运动状态.....	6
一、电子云(7) 二、核外电子运动状态(8)	
第三节 原子核外电子的排布.....	14
一、保里不相容原理(14) 二、能量最低原理(15) 三、洪特规则(16) 四、原子的电子层结构分区(19) 五、核外电子排布的周期性(22)	
第四节 化学键.....	25
一、离子键(25) 二、共价键(29) 三、金属键(36)	
第五节 极性分子和非极性分子.....	37
一、极性键和非极性键(37) 二、极性分子和非极性分子(39)	
第六节 分子间的作用力.....	41
一、范德华力(41) 二、氢键(41)	
内容提要.....	45
第二章 主族元素	51
第一节 碱金属元素.....	51
一、碱金属元素通性(51) 二、钠(52) 三、钠的化合物(55)	
四、离子反应和离子方程式(62)	
本节内容提要.....	66
第二节 碱土金属.....	67
一、碱土金属元素通性(67) 二、镁、钙及其化合物(69) 三、硬水及其软化(73) 四、电渗析—水处理的新技术(选读材料)(76)	
本节内容提要.....	79
第三节 卤素.....	80

一、卤素通性(80)	二、氯及氯的化合物(81)	三、卤素及其化合物性质的比较(90)	
本节内容提要			96
第四节	氧族元素		98
一、氧族元素通性(98)	二、过氧化氢(100)	三、硫和硫的化合物(101)	
四、硫酸的工业制法(109)			
本节内容提要			113
第五节	氮族元素		114
一、氮族元素的通性(114)	二、氮及其氧化物(115)	三、氨和铵盐(117)	
四、硝酸和硝酸盐(120)	五、磷和磷的化合物(125)		
本节内容提要			129
第六节	碳 硅 胶体溶液		131
一、碳族元素通性(131)	二、碳及其化合物(133)	三、硅及其重要化合物(141)	
四、胶体(148)			
本节内容提要			152
第七节	铝		154
一、铝的存在和制取(156)	二、铝的性质和用途(156)	三、铝的重要化合物(157)	
本节内容提要			159
第三章	化学反应速度和化学平衡		160
第一节	化学反应速度的概念		160
一、化学反应速度(161)	二、影响化学反应速度的因素(161)		
第二节	化学平衡		169
一、可逆反应和化学平衡(169)	二、平衡常数(171)	三、化学平衡的移动(176)	
第三节	合成氨工业和合成氨条件的选择		180
一、合成氨工业(180)	二、合成氨条件的选择(183)		
第四节	提高化工生产效率的一般原则(选读材料)		185
内容提要			188
第四章	电离平衡		191
第一节	弱电解质的电离平衡		191

一、弱电解质的电离(191)	二、电离度和电离常数(192)	
第二节 水的离子积和溶液的 pH 值		196
一、水的离子积(196)	二、溶液的 pH 值(198)	三、有关 pH 值的计算(199)
第三节 同离子效应 缓冲溶液		201
一、同离子效应(201)	二、缓冲溶液(202)	
第四节 当量浓度及其计算 酸碱滴定		205
一、当量浓度及其计算(205)	二、酸碱滴定(210)	
第五节 盐类的水解		212
一、强酸和弱碱所组成的盐(213)	二、强碱和弱酸所组成的盐(213)	
三、弱酸和弱碱所组成的盐(214)		
内容提要		216
第五章 过渡元素		218
第一节 过渡元素的特性		219
一、金属性(219)	二、变价(219)	三、氧化物对应水化物的酸碱性(220)
四、水合离子颜色(220)		
第二节 铁		221
一、铁(221)	二、铁的化合物(223)	三、铁的合金(225)
第三节 铜和锌		228
一、铜和铜的化合物(228)	二、锌和锌的化合物(230)	三、络合物(231)
第四节 钛 铬 钼 钨 锰		236
一、钛的性质和用途(236)	二、铬、钼、钨的性质和用途(238)	三、锰的性质和用途(239)
四、高锰酸钾和重铬酸钾的氧化性(240)		
第五节 稀土元素 放射性元素 (选读材料)		243
内容提要		245
学员实验		
实验一 氯化氢的制法和性质		(248)
实验二 硬水的软化		(249)
实验三 中和滴定 盐的水解		(251)
实验四 离子鉴定		(254)

实验五 络合物 (257)

实验六 铜、铬、锰化合物的性质 (257)

附录 元素周期表

第一章 物质结构 元素周期律

第一节 原子核

我们在初中化学里学习了物质的组成，现在在复习这些知识的基础上进一步学习有关物质结构理论的基础知识。

一、原子核

原子是由居于原子中心的带正电荷的原子核和核外带负电的电子组成的。原子核带的电量跟核外电子的电量相等而电性相反，所以，对原子的整体是不显电性的。原子很小，原子核更小，原子核的半径仅是原子半径的万分之一，它的体积只占有原子体积的几千亿分之一。原子核由质子和中子两种微粒组成，质子带一个单位正电荷^①，中子不带电，因此，核电荷数由质子数决定。核电荷数又叫原子序数，符号为 Z 。

原子序数(Z) = 核电荷数 = 核内质子数 = 核外电子数

质子的质量为 1.6726×10^{-24} 克，中子质量为 1.6748×10^{-24} 克，电子质量很小，仅为质子质量的 $1/1837$ ，所以原子质量主要集中在原子核上。由于质子、中子的质量很小，计算不方便，因此，通常用它们的相对质量。

通过科学实验测得，作为原子量标准的那种碳原子的质量是 1.9927×10^{-23} 克，它的 $1/12$ 为 1.6606×10^{-24} 克。那么，

① 1 个单位电荷为 1.60×10^{-19} 库伦。

质子和中子对它的相对质量分别为

$$\text{质子相对质量} = \frac{1.6726 \times 10^{-24} \text{克}}{1.6606 \times 10^{-24} \text{克}} = 1.007 \approx 1$$

$$\text{中子相对质量} = \frac{1.6748 \times 10^{-24} \text{克}}{1.6606 \times 10^{-24} \text{克}} = 1.008 \approx 1$$

1.007 和 1.008, 取近似整数为 1。显然, 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整数加起来, 就可以得这种原子的近似原子量, 而且是一个整数。这个数值, 叫做质量数。用符号 A 表示。中子数用符号 N 表示。则

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

从上已知三个数值中的任意二个, 就可以推算出另一个数值来。例如, 知道硫的原子序数为 16, 原子量为 32.06, 则

$$\text{硫原子的中子数}(N) = A - Z = 32 - 16 = 16$$

归纳起来, 如以 ${}_Z^AX$ 符号, X 代表原子, A 代表 X 原子的质量数, Z 代表 X 原子的质子数, 那么, 组成原子的粒子关系可以表示如下:

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

二、同位素

我们已经知道, 具有相同核电荷数(即质子数)的同类原子叫做元素。科学实验证明, 同种元素的原子的中子数则不一定相同。例如, 氢元素的原子都含 1 个质子, 但有的原子不含中子, 有的含 1 个中子, 还有的含 2 个中子, 见表 1-1。

表 1-1 中元素符号的左下角记原子序数, 左上角记质量数。

表 1-1 氢元素的三种同位素

名 称	符 号	含中子数
氕 ^① (或普通氢)	${}^1_1\text{H}$	0
氘(或重氢)	${}^2_1\text{H}$ (或 D)	1
氚(或超重氢)	${}^3_1\text{H}$ (或 T)	2

人们将原子中具有相同的质子数和不同的中子数的同一元素的多种原子互称同位素。许多元素都有同位素。铀元素有 ${}^{234}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 等多种同位素。 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 是制造氢弹和原子弹的材料。碳元素有 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 等几种同位素,而 ${}^{12}_6\text{C}$ 就是我们将它的质量当做原子量标准的那种碳原子。同一元素的各种同位素虽然质量数不同,但它们的化学性质几乎完全相同。在天然存在的某种元素,不论是游离态还是化合态,各种同位素所占的原子百分比一般是不变的。我们平常所说的某种元素的原子量,是按各种天然同位素原子所占的一定百分比算出来的平均值。也可根据同位素的质量数,和按各种天然同位素原子百分率计算出近似平均原子量。其计算式如下:

$$\begin{aligned} \text{元素近似平均原子量} = & \text{同位素}_1\text{质量数} \times \text{同位素}_1\text{百分率} \\ & + \text{同位素}_2\text{质量数} \times \text{同位素}_2\text{百分率} \end{aligned}$$

同位素按它们的性质可以分为稳定同位素和放射性同位素两类。下面我们进一步认识放射性同位素。

十九世纪末期的科学实验证实,在自然界中,有些元素如

① 氕音 piā, 氘音 dāo, 氚音 chuān。

镭(Ra)、铀(U)、钋(Po)等会从它们的原子核里自发地放出射线,而本身转变为另外的元素。物质的这种自发地放出不可见的射线的性质,叫做**放射性**。具有放射性的元素,叫做**放射性元素**,又叫做**放射性同位素**。

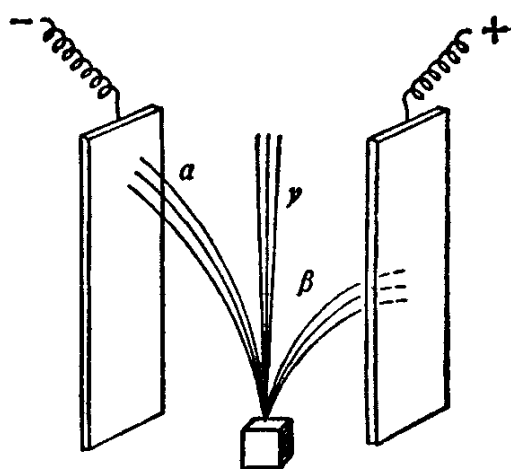


图 1-1 射线在电场中偏转示意图

如果把镭或镭的化合物,放在一个上方开有小孔的铅盒内(如图 1-1),由于铅能阻止射线通过,所以只能有一股射线从小孔向外射出。把这个铅盒放在两块带有不同电荷的金属之间,镭放出的射线在电场内分裂成三束。一束偏向阴极的叫 α 射线,另一束偏向阳极的叫 β 射线,中间一束射线叫做 γ 射线。

实验证明了三种射线的本质。 α 射线是由带正电荷的 α 粒子组成的,每一个 α 粒子带有 2 个单位的正电荷,质量数为 4,实际上就是氦原子核。 β 射线是带 1 个单位负电荷组成的,它的质量仅是氢原子质量的 $1/1837$,实际上就是电子,所以 β 射线就是高速度运动着的电子流。 γ 射线是一种不带电的光子流,它的穿透能力很强。

放射性元素的原子在放出射线的同时,变成了另一种元素的原子,这种过程叫做**原子蜕变**。镭在放出射线后除有氦以外,还有钍存在。可用核反应方程式表示如下:



放射现象的本质是原子核发生了根本的变化，一种元素的原子转变成其它元素的原子。这是与以前发现的一般化学反应根本不同的。

放射现象的发现，使人们对原子的复杂的结构和原子核的变化过程有了进一步的认识：元素的原子是可以分割的，一种元素的原子，可以变成另一种元素的原子。

放射性同位素在工农业生产、医学、科学研究以及国防建设中有着越来越广泛的应用。

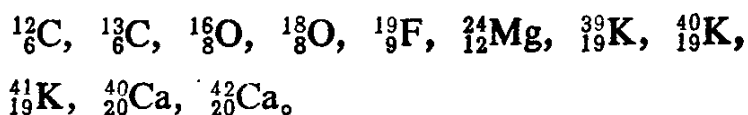
放射性同位素能自发地放出射线，此射线能被仪器探测并能定量地测定。人们借助放射性原子的运动和变化，就可以觉察其它不易或不能辨认的物质的运动和变化规律，这种放射性原子叫做**示踪原子**。例如，农业上为了研究磷肥在棉花增产中的作用，就用 ${}^{32}_{15}\text{P}$ 作示踪原子，进行科学实验。

应用放射性同位素的另一个方面，就是直接利用它所放出的射线。例如：钟表中的荧光粉、放射性同位素电池等就是利用射线的能量转变成光能和电能；利用射线的穿透性质可以制成金属探伤仪等仪器；利用射线的化学效应和生理效应，农业上用于辐射育种，医学上用于治疗癌症等。

习 题

1. 人们已经发现了 106 种元素，能不能说人们已经发现了 106 种原子？为什么？

2. 指出下列各原子中质子、中子、电子的数目各是多少？



3. 镁有三种天然同位素: $^{24}_{12}\text{Mg}$ (占 78.7%), $^{25}_{12}\text{Mg}$ (占 10.13%), $^{26}_{12}\text{Mg}$ (占 11.17%), 计算镁元素的近似平均原子量。(平均原子量为 24.15)

4. 画出下列原子或离子的结构简图。

(1) 原子序数为 9; (2) 原子量为 40, 核外电子数为 20;

(3) 有 3 个电子层, 最外层电子数为 7;

(4) 核内有 10 个中子, 核外有 10 个电子;

(5) $^{12}_{12}\text{Mg}^{2+}$; (6) $^9_9\text{F}^-$ 。

5. 下面一些说法是否正确? 若不正确怎么说才正确?

(1) 同一种元素是由同一种原子组成的。

(2) 原子中电子数目决定了元素的种类。

(3) 2H , 2H^+ , H_2 , ^2_1H 这些符号都代表氢, 并无什么区别。

6. 元素的原子量为什么不是整数?

7. 氖的原子量(平均原子量)等于 20.2, 求元素氖的同位素 $^{20}_{10}\text{Ne}$ 和 $^{22}_{10}\text{Ne}$ 各占百分之几? ($^{20}_{10}\text{Ne}$ 为 90%, $^{22}_{10}\text{Ne}$ 为 10%)

第二节 核外电子的运动状态

电子在原子核外的运转情况非常复杂, 它是带负电荷的质量很小的微粒, 在原子核外的空间 (直径约 10^{-10} 米) 内作

高速运动。它的运动跟普通物体有什么不同？有什么特殊的规律？这些问题，我们在初中化学中已初步学过，现在有必要作进一步的研究。

一、电子云

汽车在公路上奔驰，人造卫星按一定轨道围绕地球旋转，都可以测定或根据一定的数据计算出它们在某一时刻所在的位置，并描画出它们的运动轨迹。电子在核的周围高速运动，有时离核近，有时离核远，而没有确定的运动轨道，我们不可能测定或计算出它在某一时刻所在的位置，也无法描画它的运动轨迹。我们在描述核外电子运动时，只能指出它在原子核外空间某处出现机会的多少。电子在核外空间一定范围内出现，好像带负电荷的云雾笼罩在原子核周围，所以我们形象地称它为“电子云”。

为了便于理解，我们用假想地给氢原子照像的比喻来加以说明。我们知道，氢原子核外有一个电子，为了在一瞬间找到电子在氢原子核外的确定位置，我们假想有架特殊的照像机，可以用它来给氢原子照像。先给某个氢原子拍五张照片，得到如图 1-2 所示的不同图象。图上 $\oplus$ 表示原子核，小黑点表示电子。然后继续给氢原子拍照，拍上一万张，并将这些

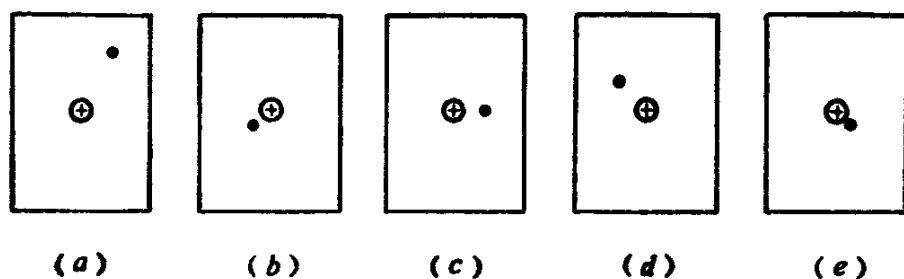


图 1-2 氢原子的五次瞬间照像

照片一一对比研究, 这样, 我们就获得一个印象: 电子好像是在氢原子核外作毫无规律的运动, 一会儿在这里出现, 一会儿在那里出现。如果我们将这些照片叠印, 就会看到如图 1-3 所示图象。图象说明, 对氢原子的照片叠印张数越多, 就越能使人们形成一团电子云雾笼罩原子核的印象。这团“电子云雾”呈球形对称, 在离核越近处密度越大, 在离核越远处密度越

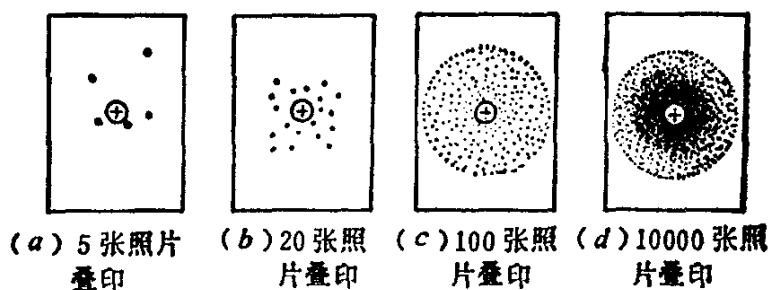


图 1-3 将若干张氢原子瞬间照像叠印的结果

小, 也就是说, 在离核越近处单位体积的空间中电子出现的机会越多, 离核越远处单位体积的空间中电子出现的机会越少。实际上, 图 1-3(d) 就是初中化学中已学过的“在通常情况下氢原子的电子云示意图”。电子云概念就是对电子在核外空间各处出现机会多少的形象化描述。

二、核外电子运动状态

电子在原子内的运动虽然很复杂, 但不是没有规律的, 根据近代理论已经能够比较正确反映电子在原子内运动的规律。下面我们简单的描述电子在原子核外的运动状态。

(一) 电子层(主量子数)

我们在初中化学中已经学习过, 多个电子的原子里电子能量并不相同。能量低的, 通常在离核近的区域运动, 能量高的, 通常在离核远的区域运动。根据电子的能量差异和通常

运动的区域离核的远近不同，可以将核外电子分成不同的电子层。电子层也叫能级。

电子层的数目 n 可用 1、2、3、4、…7 等数字表示，相应的也可用 K、L、M、N、O、P、Q 等符号来表示。当 n (主量子数) 值越大，说明离核的距离越远，电子的能量越高，电子层数主要决定于电子能量的高低。

我们怎么知道含有多个电子的原子里核外电子的能量有高有低呢？根据对元素电离能的数据分析，可以初步得到这个结论。

什么是电离能？从原子中失去一个电子而变成阳离子，需要反抗核电荷的引力而消耗能量，这个能量叫做**电离能**，符号为 I ，单位常用电子伏特^①。

从元素的气态原子失去一个电子成为 +1 价气态阳离子所需消耗的能量，称为第一电离能(I_1)；从 +1 价气态阳离子再失去一个电子成为 +2 价气态阳离子所需消耗的能量，叫做第二电离能(I_2)；依次类推。

表 1-2 列出了几种元素电离能的数据。

从表 1-2 上的数据可见，元素的第二电离能大于第一电离能，第三电离能大于第二电离能，依次类推，即 $I_1 < I_2 < I_3 \cdots$ 。这是容易理解的，因为从 +1 价气态阳离子中失去一个电子比从中性原子失去一个电子克服的电性引力要大，消耗能量要多。同理，从 +2 价气态阳离子中失去一个电子，比从 +1

① 电子伏特是一个电子在真空通过 1 伏特电位差所获得的动能，它是一种描述微观粒子运动能量的单位。1 电子伏特 = 1.6022×10^{-19} 焦耳。

表 1-2 几种元素的电离能(电子伏特)

核电 荷数	元素 符号	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9
3	Li	5.4	75.6	122.4						
4	Be	9.3	18.2	153.9	217.7					
5	B	8.3	25.1	37.9	259.3	340.1				
6	C	11.3	24.4	47.9	64.5	392.0	489.8			
7	N	14.5	29.6	47.4	77.5	97.9	551.9	666.8		
8	O	13.6	35.1	54.9	77.4	113.9	138.1	739.1	871.1	
9	F	17.4	35.0	62.6	87.1	114.2	157.1	185.1	953.6	1102

价气态阳离子中失去一个电子克服的电性引力更要大,消耗的能量更要多。因此,一个原子的电离能是依次增大,甚至是成倍增长的,但增大的倍数并不相同。有的增大得不多,有的增大得很多。我们在表 1-2 上将增大倍数很多的电离能数据前面标一粗线,以表示区别。下面就来分析这些数据。

Li, 原子核外有 3 个电子。 I_3 比 I_2 增大不到一倍, 但 I_2 比 I_1 却增大了十几倍。这说明什么问题? 说明这 3 个电子可分为两组, 两组能量有差异。 I_1 比 I_2 、 I_3 小得多, 说明有一个电子能量较高, 通常在离核较远的区域运动, 容易被失去。另外两个电子能量较低, 通常在离核较近的区域运动。

Be, 原子核外有 4 个电子。按照如上的分析, I_2 比 I_1 , I_4 比 I_3 均增大不到一倍, 但 I_3 比 I_2 却增大了好几倍。因此可以认为有两个电子能量较低, 通常在离核较近的区域运动; 另外两个电子能量较高, 通常在离核较远的区域运动。