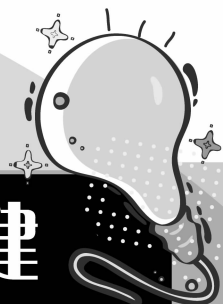


## 第一章

# 原子结构和化学键



丰富多彩的物质世界是由一百多种元素组成的。不同的元素具有不同的化学性质,而元素的化学性质与他们的结构密切相关。本章将学习原子结构和元素周期律的基本知识,深入了解元素性质和原子结构之间的关系。



## 第一节 原子结构



闪电是一种放电现象。它的瞬时能量很大,被闪电击中树木、房屋会炸裂起火,人会重伤甚至丧命。因此,科学家发明了放射性同位素避雷针。放射性同位素避雷针放射 $\alpha$ 射线所产生的电离能力比普通避雷针的电离能力高10 000倍以上,能够使避雷针附近的空气大量地电离,主动地打开一条与云中电荷相通的电的通路从而使避雷针附近的建筑物、树木、人等不受任何雷电伤害。这是放射性同位素在科学应用上的例子。

### 一 原子的组成

原子是由居于原子中心的带正电荷的原子核和核外高速运动的带负电荷的电子构成的。和原子相比,原子核的体积更小。原子核的半径约为原子半径的十万分之一,它的体积约为原子体积的几千亿分之一,如果把原子比作地球,则原子核相当于地球上的一棵树。因此,原子内部有很大的剩余空间,而电子在该空间里作高速运动。

原子核虽然小,但不是不可分割的,它是由质子和中子构成的。每个质子带一个单位的正电荷;中子不带电荷,呈电中性;所以原子核所带的正电荷数,即核电荷数等于核内质子数。由于每个电子带一个单位的负电荷,原子核所带的正电荷数与核外电子所带的负电荷量数相等,因此,原子作为一个整体不显电性。

$$\text{核电荷数}(Z) = \text{核内质子数} = \text{核外电子数}$$

#### 思考园地

根据所学过的知识,填写下表。

原子的组成		电性	质量	相对质量 <sup>①</sup>	相对质量近似值
原子核	质子		$1.672\ 6 \times 10^{-27}\ \text{kg}$		
	中子		$1.674\ 9 \times 10^{-27}\ \text{kg}$		
核外电子			$9.109\ 5 \times 10^{-31}\ \text{kg}$ (原子质量的1/1836)		

注:①相对质量是以 $^{12}\text{C}$ 原子质量的1/12为标准相比较而得的数值( $^{12}\text{C}$ 原子质量是 $1.660\ 5 \times 10^{-27}\ \text{kg}$ )。

通过对上表的填写和观察,可以得出,构成原子核的质子和中子的相对质量都近似为1,所以原子的质量主要集中在原子核上。

如果忽略电子的质量,可以得到原子的相对质量,即质子相对质量(取整数)和中子相对质量(取整数)相加。原子的相对质量又称质量数,用符号  $A$  表示。中子数用符号  $N$  表示,则有

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

若要表示某个原子  $X$ ,通常是将该原子的质子数  $Z$  写在元素符号的左下角,将质量数  $A$  写在左上角,即  ${}^A_ZX$ 。这样的表示方法称为原子标记法。

## 二 同位素

元素是具有相同核电荷数(即质子数)的同一类原子的总称。也就是说,同种元素原子核中的质子数是相同的。那么,它们的中子数是否也一定相同?

科学研究证明,同种元素原子核中的质子数相同,中子数不一定相同。具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子叫做核素。如  ${}^{13}_6\text{C}$ 、 ${}^{12}_6\text{C}$  等各为一种核素。

具有相同质子数,不同中子数的同种元素的几种原子,互称为同位素。

例如,氢有三种同位素,它们的原子都含有1个质子和1个电子。但是有的氢原子不含中子,称为氕(读 piē),即普通氢原子;有的氢原子含1个中子,称为氘(读 dāo),俗称重氢;有的氢原子含2个中子,称为氚(读 chuān),俗称超重氢。氢的三种同位素氕、氘、氚用原子标记法可分别表示为  ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 。

同位素在日常生活、工农业生产和科学研究中有着重要的用途,如考古时利用  ${}^{14}_6\text{C}$  测定一些文物的年代,  ${}^2_1\text{H}$  和  ${}^3_1\text{H}$  用于制造氢弹,利用放射性元素育种,治疗癌症和肿瘤。

## 三 核外电子的排布规律

在多电子的原子中,电子的能量并不相同,离核较近的区域内运动的电子能量较低,离核较远的区域内运动的电子能量较高,这些距核远近不同的区域称为电子层,通常用  $n$  来表示。也就是说,在原子核外,存在着能量互不相同的多个电子层,其能量由内到外依次增高。电子层由内到外的顺序可表示为1、2、3、4、5、6、7,也可以用符号K、L、M、N、O、P、Q来表示。核外电子在不同的电子层内运动的现象称为核外电子的分层排布。

核外电子进行分层排布时,一般优先排布在能量最低的电子层里。对于核电荷数为1~18的原子,核外电子的排布是先排K层,K层排满后,再排L层,L层排满后,再排M层,依此类推。表1-1是核电荷数为1~18的元素原子的核外电子排布情况,表1-2是稀有气体元素原子的核外电子排布情况。





表 1-1 核电荷数为 1~18 的元素原子核外电子的排布

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数			
			K	L	M	N
1	氢	H	1			
2	氦	He	2			
3	锂	Li	2	1		
4	铍	Be	2	2		
5	硼	B	2	3		
6	碳	C	2	4		
7	氮	N	2	5		
8	氧	O	2	6		
9	氟	F	2	7		
10	氖	Ne	2	8		
11	钠	Na	2	8	1	
12	镁	Mg	2	8	2	
13	铝	Al	2	8	3	
14	硅	Si	2	8	4	
15	磷	P	2	8	5	
16	硫	S	2	8	6	
17	氯	Cl	2	8	7	
18	氩	Ar	2	8	8	

表 1-2 稀有气体元素原子核外电子的排布

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数					
			K	L	M	N	O	P
2	氦	He	2					
10	氖	Ne	2	8				
18	氩	Ar	2	8	8			
36	氪	Kr	2	8	18	8		
54	氙	Xe	2	8	18	18	8	
86	氡	Rn	2	8	18	32	18	8

## 思考园地

请根据表 1-1 和表 1-2 中的数据填空。

- (1) K 层最多容纳的电子数是\_\_\_\_\_个。
- (2) 最外层电子数不超过\_\_\_\_\_个 (K 层为最外层时不超过\_\_\_\_\_个)。
- (3) 次外层的电子数不超过\_\_\_\_\_个, 倒数第三层的电子数不超过\_\_\_\_\_个。
- (4) 试写出原子序数为 19 的钾元素原子的核外电子排布。

原子核外电子的排布可以用原子结构示意图来表示, 如图 1-1 所示。小圈和圈内的数字表示原子核和核内质子数, 弧线表示电子层, 弧线的数字表示该层的电子数。图 1-2 所示是核电荷数为 1~18 的元素原子的原子结构示意图。

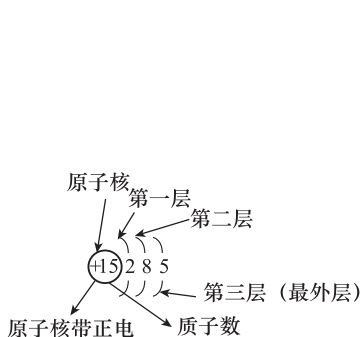


图 1-1 原子结构示意图

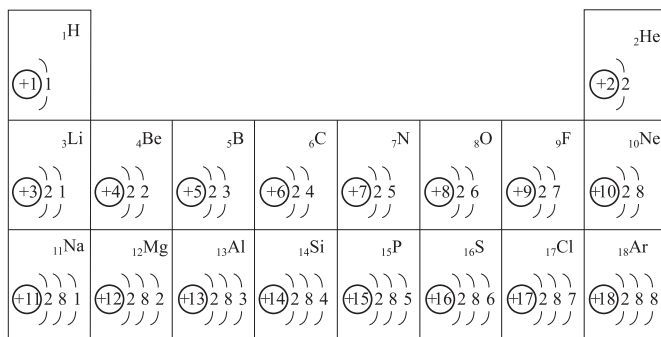


图 1-2 核电荷数为 1~18 的元素的原子结构示意图



## 阅读材料

## 放射性同位素的应用

一种放射性同位素的原子核与该元素其他同位素的原子核具有相同数量的质子(只是中子的数量不同), 因此核外电子的数量也相同, 由此可知, 一种元素的各种同位素都有相同的化学性质。因此, 可以用放射性同位素来制成各种化合物, 这种化合物的原子和通常的化合物一样参与所有化学反应, 但是却带有仪器可以探测出的“放射性标记”, 这种原子称为示踪原子。

## (1) 农业技术

棉花在结桃、开花的时候需要较多的磷肥, 把磷肥喷在棉花叶子上也能吸收。但是, 什



么时候的吸收率最高,磷能在作物体内存留多长时间,磷在作物体内的分布情况等,用一般的方法很难研究。如果用磷的放射性同位素制成肥料喷在棉花叶面,每隔一定时间用探测器测量棉株各部位的放射性强度,上面的问题就很容易解决。

## (2) 医疗技术

由于人体不同组织对不同元素的吸收率不同,可将用放射性同位素制成的药物注入人体,用探测器探测示踪原子在人体组织中的放射强度,这些数据经过电脑分析后,病人体内的情况就转化为影像显示出来,从而可以诊断它们的病变。

## 习 题

### 1. 填空题

(1)用于制造原子弹的铀同位素  $^{235}_{92}\text{U}$ ,其核内有 \_\_\_\_\_ 个质子, \_\_\_\_\_ 个中子, \_\_\_\_\_ 个电子。

(2)1992年,我国取得的重大科技成果之一是发现了3种元素的新的同位素,其中一种是  $^{208}_{80}\text{Hg}$ ,它的中子数是 \_\_\_\_\_。

### 2. 选择题

(1)放射性同位素  $^{131}_{53}\text{I}$  常用于诊断甲状腺肿瘤的位置、大小,下列关于  $^{131}_{53}\text{I}$  的叙述中,错误的是( )。

- A. 质子数为 53  
B. 核外电子数为 53  
C. 中子数为 53  
D. 质量数为 131

(2)下列各组物质中,互为同位素的是( )。

- A. 石墨和金刚石  
B. 水和重水  
C.  $\text{O}_2$  和  $\text{O}_3$   
D. 氖、氩和氟

(3)下列说法正确的是( )。

- A. 不同种类的原子,其质量数一定都不相同  
B. 元素的相对原子质量和原子的质量数完全相等  
C. 凡是核外电子数相同的粒子,都是同一种元素的原子  
D. 同位素就是质子数相同的一类原子



## 第二节 元素周期律与元素周期表



### 一 元素周期表

1869年,俄国化学家门捷列夫将元素按照相对原子质量由小到大依次排列,将化学性质相似的元素放在一个纵行,通过分类、归纳,制出了第一张元素周期表,揭示了化学元素间的内在联系,使其构成了一个完整的体系,成为化学发展史上的重要里程碑之一。

随着化学科学的不断发展,元素周期表中未知元素留下的空位先后被填满,元素周期表的形式也变得更加完美。在原子结构的奥秘被发现后,元素周期表中元素的排序依据由相对原子质量大小改为原子的核电荷数大小,元素周期表也逐渐演变成现在常用的形式。

#### 1. 周期

元素周期表中,每一个横行称为一个**周期**,共有七个周期。每个周期中元素的电子层数相同,从左到右原子序数递增,周期的序数就是该周期元素具有的电子层数。第一、二、三周期所含元素较少,分别为2、8、8种,称为短周期;第四、五、六周期所含元素较多,分别为18、18、32种,称为长周期;第七周期还未填满,称为不完全周期。

#### 2. 族

元素周期表的纵行称为**族**。元素周期表中有18个纵行,一般每一纵行为一族(除了第8、9、10三纵行为一族外),分为主族和副族。

由短周期元素和长周期元素共同构成的族称为主族,周期表中共8个主族,分别用ⅠA、ⅡA、ⅢA、ⅣA、ⅤA、ⅥA、ⅦA、ⅧA表示。主族的序数与周期表中电子层的结构有如下关系:

主族序数 = 最外层电子数

例如,处于第ⅢA族的铝元素,其原子最外层电子数为3。处于第ⅧA族的是稀有气体元素,其最外层电子数为8。

完全是由长周期元素构成的族称为副族,周期表中共7个副族,分别用ⅠB、ⅡB、ⅢB、ⅣB、ⅤB、ⅥB、ⅦB表示。

### 二 元素周期律

元素的性质随着元素核电荷数的递增而呈周期性变化的规律称为**元素周期律**。



元素周期律



下面从 1~18 号元素核外电子的排布、原子半径和主要化合价的变化来进一步认识元素周期律。表 1-3 所示为 1~18 号元素的核外电子排布、原子半径和主要化合价。

表 1-3 1~18 号元素的核外电子排布、原子半径和主要化合价

原子序数	1								2
元素名称	氢								氦
元素符号	H								He
核外电子排布	\ 1 /								\ 2 /
原子半径 /nm	0.037								0.122
主要化合价	+1								0
原子序数	3	4	5	6	7	8	9	10	
元素名称	锂	铍	硼	碳	氮	氧	氟	氖	
元素符号	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	
核外电子排布	\ \ 2 1 / /	\ \ 2 2 / /	\ \ 2 3 / /	\ \ 2 4 / /	\ \ 2 5 / /	\ \ 2 6 / /	\ \ 2 7 / /	\ \ 2 8 / /	
原子半径 /nm	0.152	0.089	0.082	0.077	0.075	0.074	0.071	0.160	
主要化合价	+1	+2	+3	+4 -4	+5 -3	-2	-1	0	
原子序数	11	12	13	14	15	16	17	18	
元素名称	钠	镁	铝	硅	磷	硫	氯	氩	
元素符号	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
核外电子排布	\ \ \ 2 8 1 / / /	\ \ \ 2 8 2 / / /	\ \ \ 2 8 3 / / /	\ \ \ 2 8 4 / / /	\ \ \ 2 8 5 / / /	\ \ \ 2 8 6 / / /	\ \ \ 2 8 7 / / /	\ \ \ 2 8 8 / / /	
原子半径 /nm	0.186	0.160	0.143	0.117	0.110	0.102	0.099	0.191	
主要化合价	+1	+2	+3	+4 -4	+5 -3	+6 -2	+7 -1	0	



通过表 1-3 所示的数据规律,可以得到如下规律:

- ①除第一周期外,其他周期元素的原子半径随原子序数的递增而减小(惰性气体元素除外);
- ②同一族的元素最外层电子数相同,从上到下,随电子层数的增多,原子半径不断增大;
- ③除第一周期外,其他周期元素从左到右,元素化合价正价由+1 价递增到+7 价,元素化合价负价由-4 价递增到-1 价(其中氟、氧除外,氟元素无正价,氧元素最高正价为+2 价);
- ④同一主族元素的最高正价、负价均相同。

### 思考园地

分析表 1-3 中的数据,填写下表。

原子序数	电子层数	最外层电子数的变化
1~2		
3~10		
11~18		
原子序数	电子层数	原子半径的变化
3~10		
11~18		
原子序数	最外层电子数的变化	最高或最低化合价的变化
1~2		
3~10		
11~18		

## 三 元素性质的递变规律

### 1. 元素的金属性和非金属性

**金属性**通常根据元素单质与水或酸反应置换出氢的难易程度,以及形成最高价氧化物对应的水化物的碱性强弱来判断。

**非金属性**通常根据元素单质与氢气反应生成气态氢化物的难易程度,以及形成最高价氧化物对应的水化物的酸性强弱来判断。

同周期的元素,从左到右随着核电荷数的递增,原子半径逐渐变小,原子核对外层电子



的吸引力逐渐增大,原子失去电子的能力逐渐减弱,原子得到电子的能力逐渐增强。所以,元素的金属性逐渐减弱,非金属性逐渐增强。

同一主族的元素,从上到下随着电子层数逐渐增多,原子半径逐渐增大,原子得到电子的能力逐渐减弱,失去电子的能力逐渐增强。所以,元素的非金属性逐渐减弱,金属性逐渐增强。

主族元素的金属性和非金属性递变规律如表 1-4 所示。副族元素性质的变化规律比较复杂,这里不作讨论。

表 1-4 主族元素的金属性和非金属性递变规律

族 \ 周期	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A
1							
2							
3				B			
4				Al	Si		
5				Ge	As		
6					Sb	Te	
7					Po	At	

非金属性逐渐增强 (向右)

金属性逐渐增强 (向左)

非金属性逐渐增强 (向上)

金属性逐渐增强 (向下)

## 2. 元素的化合价

元素的化合价与原子的电子层结构相关,特别是与最外层的电子数目有密切关系。元素的价电子全部失去后所表现出的化合价称为最高正价。

对于主族元素,存在如下关系:

元素的最高正化合价 = 主族元素的族序数

非金属元素的最低负化合价 = 最高正化合价 - 8

副族元素的化合价比较复杂,这里不作讨论。



### 阅读材料

#### 元素周期律的鼻祖——门捷列夫

1907年1月27日,俄国首都圣彼得堡寒风凛冽,太阳黯淡无光,寒暑表上的水银柱降到零下20多度,街上到处点着蒙有黑纱的灯笼,显出一派悲哀的气氛。几万人的送葬队伍在街上缓缓移动着,在队伍最前头,既不是花圈,也不是遗像,而是由十几个青年学生扛着的一块大木牌,上面画着好多方格,方格里写着“C”“O”“Fe”“Zn”等元素符号。

原来,死者是著名的俄国化学家门捷列夫,木牌上画着好多方格的表是化学元素周期

表——门捷列夫对化学的主要贡献。

门捷列夫生于一个有着 17 个子女的中学校长家庭,他排行十四。出生刚数月,父亲双目突然失明,接着又丢掉了校长的职务。父亲微薄的退休金难以维持生计,全家搬进学校附近的一个村子里,因为舅舅在那里经营着一个小型玻璃厂。工人们熔炼和加工玻璃的场景,对他以后从事与烧杯、烧瓶打交道的化学研究产生很大影响。1841 年秋,不满七周岁的门捷列夫和十几岁的哥哥一起考进市中学,在当地轰动一时。然而,不幸总爱跟随贫苦人家。门捷列夫 13 岁时父亲去世,14 岁时舅舅的工厂遭火灾化为灰烬,母亲只好再次搬家,将成年女儿们嫁出去,让两个儿子参加工作。1849 年春,门捷列夫中学毕业,母亲变卖家产,一心想让小儿子上大学。在父亲的一位朋友的帮助下,门捷列夫进入圣彼得堡师范学院物理系。只过了一年,他就成为优等生。1854 年,他大学毕业并荣获学院的金质奖章,23 岁成为副教授,31 岁成为教授。

## 习 题

1. 元素周期表中共有\_\_\_\_\_个横行,即\_\_\_\_\_个周期。第 1 周期有\_\_\_\_\_种元素;第 2、3 周期各有\_\_\_\_\_种元素;第 4、5 周期各有\_\_\_\_\_种元素;含有元素较少的第 1、2、3 周期叫\_\_\_\_\_;含有元素较多的第 4、5、6 周期叫\_\_\_\_\_。
2. 同周期的主族元素,从左到右,原子半径逐渐\_\_\_\_\_,失电子的能力逐渐\_\_\_\_\_,得电子的能力逐渐\_\_\_\_\_;金属性逐渐\_\_\_\_\_,非金属性逐渐\_\_\_\_\_。
3. 同主族元素,从上到下,原子半径逐渐\_\_\_\_\_,金属性逐渐\_\_\_\_\_,非金属性逐渐\_\_\_\_\_。
4. 主族元素最高正化合价一般等于其\_\_\_\_\_的序数,非金属元素的最低负化合价等于\_\_\_\_\_。

## 探究实验 元素性质的递变规律

### 实验一 同周期元素性质的递变规律

#### 【实验 1-1】 钠、镁、铝与水的反应

(1)将一块绿豆大小的金属钠放入盛有少量水的烧杯中,观察到的现象为\_\_\_\_\_,向烧杯中滴入 2 滴酚酞,观察到溶液的颜色变为\_\_\_\_\_。

(2)取一小段镁带和一小片铝条,用砂纸去掉它们表面的氧化膜,然后分别放入两支试管中,再各加入 5 mL 水,观察到的现象为\_\_\_\_\_。将试管加热至沸腾,再分别滴入几滴酚酞,观察到镁带表面有\_\_\_\_\_现象,溶液颜色变化为\_\_\_\_\_。铝



条表面\_\_\_\_\_现象,溶液的颜色变为\_\_\_\_\_。

结论:钠、镁、铝与水反应的剧烈程度依次为\_\_\_\_\_>\_\_\_\_\_>\_\_\_\_\_。

化学方程式:\_\_\_\_\_。

### 【实验 1-2】 镁、铝与盐酸的反应

取一小段镁条和一小片铝片,用砂纸去掉它们表面的氧化膜,然后分别放入 2 支试管中,再各加入 2 mL 1mol/L 的盐酸。观察到的现象为\_\_\_\_\_。

结论:镁、铝与盐酸反应的剧烈程度为\_\_\_\_\_>\_\_\_\_\_。

最高价氧化物对应的水化物碱性强弱为\_\_\_\_\_。

化学方程式:\_\_\_\_\_。

### 【实验 1-3】 $Mg(OH)_2$ 、 $Al(OH)_3$ 与碱的反应

在试管中加入 0.1 mol/L 的  $MgSO_4$  溶液 2 mL,再滴入 2 mol/L 的 NaOH 溶液至析出白色沉淀。振荡试管,将悬浊液分成两份。一份中加入 2 mol/L 的 HCl 溶液 2mL,另一份中加入 2 mol/L 的 NaOH 溶液 2 mL。观察到沉淀在酸和碱溶液中溶解的现象为\_\_\_\_\_。

用 0.1 mol/L 的  $Al_2(SO_4)_3$  代替 0.1 mol/L 的  $MgSO_4$  做同样的实验,观察到的现象为\_\_\_\_\_。

结论:钠、镁、铝的氢氧化物的碱性强弱顺序是\_\_\_\_\_>\_\_\_\_\_>\_\_\_\_\_。

化学方程式:\_\_\_\_\_。

### 【实验 1-4】 $H_2SO_4$ 、 $H_3PO_4$ 与金属的反应

取两支试管,分别加入 0.1 mol/L 的  $H_3PO_4$  和 0.1 mol/L 的  $H_2SO_4$  各 1 mL,再各加入一小粒锌,观察到的现象为\_\_\_\_\_。

结论:硫酸与磷酸相比,\_\_\_\_\_的酸性程度较强。

由以上 4 个实验可知,同一周期的元素从左到右随着核电荷数的递增,元素的金属性逐渐\_\_\_\_\_,非金属性逐渐\_\_\_\_\_。

## 实验二 同主族元素性质的递变规律

### 【实验 1-5】 钾、钠与水的反应

(1)钠与水的反应(同实验 1-1)。

(2)钾与水的反应:取一个小烧杯,加蒸馏水,取绿豆大小的金属钾投入烧杯中,立即用漏斗罩住烧杯,观察到的现象为\_\_\_\_\_ ;往烧杯中加入 2 滴酚酞溶液,观察到溶液的颜色变化为\_\_\_\_\_,化学方程式:\_\_\_\_\_。

结论:钠和钾的金属性强弱为\_\_\_\_\_>\_\_\_\_\_。

### 【实验 1-6】 $NaCl$ 、 $NaBr$ 、 $NaI$ 与新制氯水和溴水的反应

取 3 支试管,分别加入 0.1 mol/L NaCl 溶液、0.1 mol/L NaBr、0.1 mol/L NaI 溶液各 1ml,然后向 3 支试管中各滴加 1 mL 溴水,振荡,观察到的现象为\_\_\_\_\_。

结论:氯、溴、碘的非金属性强弱为\_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_。

由以上 2 个实验可知,同一主族的元素从上到下随着电子层数的逐渐增多,元素的金属性逐渐\_\_\_\_\_,非金属性逐渐\_\_\_\_\_。



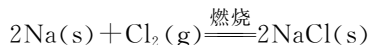
### 第三节 化学键



原子和原子能够相互结合,说明它们之间存在着某种相互作用。分子中相邻原子之间强烈的相互作用称为化学键。化学键的主要类型有离子键和共价键等。

#### 一 离子键

钠在氯气中剧烈燃烧,生成的氯化钠小颗粒悬浮在气体中呈白烟状,并且放出大量的热。反应的化学方程式为

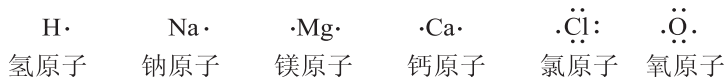


钠原子的最外层只有 1 个电子,很容易失去,而氯原子的最外层有 7 个电子,很容易得到 1 个电子。在一定条件下,当钠原子与氯原子相互作用时,钠原子的 1 个电子转移到氯原子上,从而使双方都满足了 8 个电子的稳定结构。钠原子失去 1 个电子,成为钠离子( $\text{Na}^+$ ),氯原子得到一个电子,成为氯离子( $\text{Cl}^-$ )。

离子间的这种静电吸引作用和静电排斥作用达到平衡,就形成了稳定的化合物——氯化钠。

像氯化钠这样,阴、阳离子间通过静电作用所形成的化学键,称为离子键。以离子键相结合的化合物即为离子化合物,如  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{S}$  等。

在化学反应中,一般是原子的最外层电子发生变化,为了简便起见,可以在元素符号周围用小黑点(或 $\times$ )表示原子的最外层电子,这种式子称为电子式。例如:



氯化钠分子的形成也可以用电子式表示为



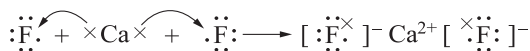
一般情况下,活泼的金属元素与活泼的非金属元素之间相互化合时,都能形成离子键。在元素周期表中第 I A、II A、VI A、VII A 族元素相互化合时,一般形成离子键。



例如,氧化镁分子的形成可以用电子式表示为



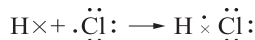
氟化钙分子的形成也可以用电子式表示为



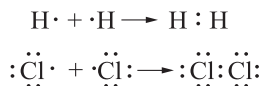
## 二 共价键

在初中化学的学习中已经知道,氯气分子与氢气分子反应生成氯化氢分子的过程中,电子不是从一个原子转移到另一个原子,而是形成共用电子对,为氯原子与氢原子所共用。共用电子对受到两个原子核的共同吸引,使两个原子形成化合物分子。像这样,原子之间通过共用电子对所形成的化学键,称为共价键。

氯化氢分子的形成过程可用电子式表示为



许多单质分子,如  $\text{H}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{O}_2$  等,是通过共价键形成的,它们的形成过程用电子式表示为



同种或不同种非金属元素化合时,它们的原子之间能形成共价键(稀有气体元素除外)。

以共价键结合的化合物称为共价化合物,如  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  等。



## 习题

### 1. 选择题

(1)化学键是( )。

- A. 只存在于分子之间的  
B. 只存在于离子之间的  
C. 相邻原子之间强烈的相互作用  
D. 相邻分子之间强烈的相互作用

(2)下列各组物质中,化学键类型相同的是( )。

- A.  $\text{HBr}$  和  $\text{NaBr}$       B.  $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{K}_2\text{S}$       C.  $\text{F}_2$  和  $\text{KI}$       D.  $\text{HCl}$  和  $\text{H}_2\text{O}$

(3)下列物质中只存在共价键的是( )。

- A.  $\text{SO}_2$       B.  $\text{NH}_4\text{Cl}$       C.  $\text{Na}_2\text{O}$       D.  $\text{CaCl}_2$

### 2. 下列物质中,哪些以离子键形成,哪些以共价键形成?

$\text{NaBr}$        $\text{N}_2$        $\text{CO}_2$        $\text{NH}_4\text{Cl}$

3. 试用电子式表示  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  的形成过程。



## 第四节 化学实验基础知识



### 一 认识化学仪器

如图 1-3 所示为实验室常见的仪器。



图 1-3 实验室常见的仪器

### 二 化学实验基本操作

#### 1. 药品的存放和取用

##### (1) 药品的存放

一般固体药品放在广口瓶中,液体药品放在细品瓶中(少量的液体药品放在滴瓶中),金属钠存放在煤油中,白磷存放在水中。

##### (2) 药品的取用

取用药品时,应看准标签,按实验说明里规定的用量取用。如果实验说明没有规定用量,则应取最小量,液体取用以  $1\sim 2\text{mL}$  为宜,固体取用以盖满试管底部为宜。多取的试剂



不可放回原瓶也不可乱丢,更不能带出实验室,应放在指定的容器内。

取用物品后,瓶塞应反放在实验台上,取完药品后,一定要把瓶塞盖严,绝不能将瓶塞张冠李戴。最后把试剂瓶放回原处。

①固体药品的取用。固体药品一般都用广口瓶盛放。取用固体药品常用药匙和镊子两种工具。

取用药品要用清洁、干燥的药匙并应专匙专用,用过的药匙必须清洗干净擦干后才能再用。

取用一定量的固体药品时,可把药品放在干燥的纸上称量,具有腐蚀性或易潮解的药品应放在表面皿或玻璃容器内称量。

往试管里装入粉末状固体药品时,为了避免粉末附着在管口或容器内壁,可用药匙或将取出的药品放在对折的V形纸槽上,伸进试管内约2/3处然后直立试管。放入块状药品时,应将试管倾斜,使其沿管壁慢慢滑下,以免碰破管底。具体操作方法如图1-4所示。

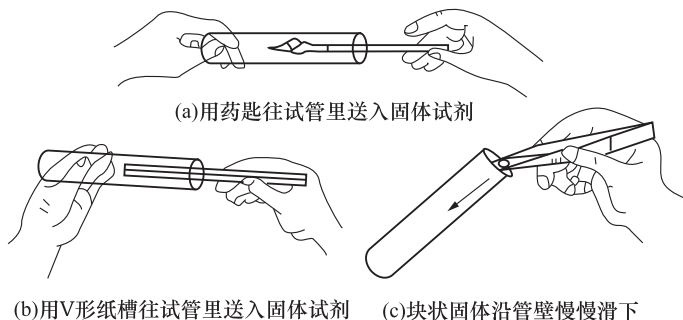


图 1-4 往试管装入固体试剂的方法

若固体药品的颗粒较大时,可在清洁而干燥的研钵中研碎(研钵中所盛固体的量不要超过研钵容量的1/3)。

②液体试剂的取用。液体试剂一般都用细口瓶盛放。取用液体试剂常用量筒、滴定管和移液管等仪器。

从滴管瓶中取用液体试剂时,注意要用滴瓶中的滴管,并且滴管不能伸入所用的容器中,以免接触器壁而沾污药品。如果用滴管从试剂瓶中取少量液体试剂时,则需要专用的滴管取用,装有药品的滴管不得横置或滴管口向上斜放,以免液体流入滴管的橡胶帽中。

用倾注法取用液体试剂时,先将瓶塞取下,反放在桌面上,手握试剂瓶贴标签的一面,逐渐倾斜试剂瓶,使试剂沿着试管壁流入试管或沿着洁净的玻璃棒注入烧杯中(见图1-5)。

准确地量取液体试剂时,根据准确度的要求选用量筒或移液管。量取液体时,要按图1-6所示,使视线与量筒内液体凹液面的最低处保持水平。

取用少量液体时,可用胶头滴管取用。胶头滴管的使用:先赶出滴管中的空气,后吸取试剂;滴入试剂时,滴管要保持垂直于容器口上方;使用过程中,要始终保持橡胶乳头在上,



以免被试剂腐蚀。

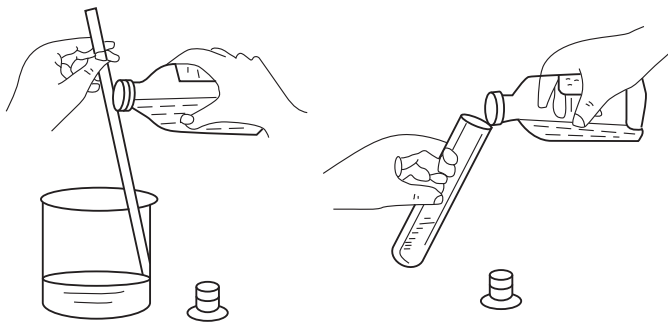


图 1-5 倾注法

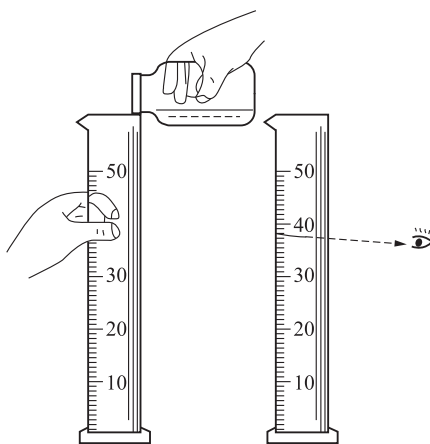


图 1-6 液体的准确量取

## 2. 试管操作

试管是用做少量试剂的反应容器,它有多种规格。在化学实验中,试管具有便于操作、便于观察实验现象等优点,因而它是化学实验中常用仪器之一。

(1)振荡试管。振荡试管可以使试管内的溶液混合均匀以利于反应的进行和观察实验现象。方法是用拇指、食指和中指持住试管的中上部,试管略倾斜,手腕用力振荡试管。

(2)试管中液体的加热。试管中装盛液体量应不超过试管高度的  $1/3$ ,并且试管中的液体一般可直接放在火焰中加热。加热时用试管夹夹住试管的中上部,试管与桌面约成  $60^\circ$  角倾斜(见图 1-7),试管口不能对着别人或自己。加热时,先加热液体的中上部,慢慢移动试管加热液体下部,然后不时地移动或轻微振荡试管,使液体各部分受热均匀,避免试管内液体因局部沸腾而迸沸。

(3)试管中固体试剂的加热。将固体试剂装入试管底部,铺平,管口略向下倾斜(见图 1-8),以免管口冷凝的水珠倒流到试管的灼烧处而使试管炸裂。加热时,先用火焰来



回加热试管,然后将试管固定在有固体物质的部位加强热。

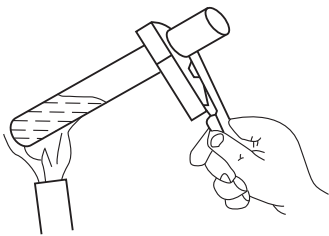


图 1-7 加热试管中的液体

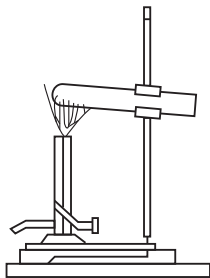


图 1-8 加热试管中的固体

### 3. 容量瓶的使用

容量瓶是一种细颈梨形平底瓶,由无色或棕色玻璃制成,带有磨口玻璃塞或塑料塞。瓶颈上有标线,表示在所指温度下液体凹液面与容量瓶颈部的标线相切时,溶液体积恰好与瓶上标注的体积相等。容量瓶上标有温度、容量、刻度线。容量瓶是为配制准确的一定物质的量浓度的溶液用的精确仪器,常和移液管配合使用,实现将某种物质分为若干等份的操作,通常有 25、50、100、250、500、1 000mL 等数种规格,实验中常用的是 100mL 和 250mL 的容量瓶。

在使用容量瓶之前,要先进行以下两项检查:

(1)容量瓶容积与所要求的是否一致。

(2)检查瓶塞是否严密。在瓶中注水直到标线附近,塞紧瓶塞,使其倒置 2min,用干滤纸片沿瓶口缝处检查,观察有无水珠渗出。如果没有,再将塞子旋转  $180^\circ$ ,塞紧,倒置,试验该方向有无渗漏。这样的两次检查是必要的,因为有时瓶塞与瓶口不是在任何位置都是密合的。

不用的瓶塞必须妥善保管,最好用绳把它系在瓶颈上,以防跌碎或与其他容量瓶搞混。

用容量瓶配制标准溶液时,先将精确称重的试样放在小烧杯中,加入少量溶剂,搅拌使其溶解(若难溶,可盖上表面皿,稍加热,但必须放冷后才能转移)。沿玻璃棒用转移沉淀的操作将溶液定量地移入洗净的容量瓶中,然后用洗瓶吹洗烧杯壁 2~3 次,按相同方法转入容量瓶中。在溶液加到瓶中  $2/3$  处以后,在容量瓶水平方向摇转几周(勿倒转),使溶液大体混匀。然后,把容量瓶平放在桌子上,慢慢加水到距标线 2~3cm 左右,等待 1~2min,使黏附在瓶颈内壁的溶液流下,用胶头滴管伸入瓶颈接近液面处,眼睛平视标线,加水至溶液凹液面底部与标线相切。立即盖好瓶塞,用一只手的食指按住瓶塞,另一只手的手指托住瓶底,注意不要用手掌握住瓶身,以免体温使液体膨胀,影响容积的准确(对于容积小于 100mL 的容量瓶,不必托住瓶底)。随后将容量瓶倒转,使气泡上升到顶,此时可将瓶振荡数次。再倒转过来,仍使气泡上升到顶。如此反复 10 次以上,才能混合均匀。

容量瓶不能久储溶液,尤其碱性溶液会侵蚀瓶壁,并使瓶塞黏住,无法打开。容量瓶不能加热。

使用容量瓶配制溶液的方法：

(1)使用前检查瓶塞处是否漏水。往瓶中注入  $2/3$  容积的水,塞好瓶塞。用手指顶住瓶塞,另一只手托住瓶底,把瓶子倒立过来停留一段时间,反复几次后,观察瓶塞周围是否有水渗出。经检查不漏水的容量瓶才能使用。

(2)把准确称量好的固体溶质放在烧杯中,用少量溶剂溶解。然后把溶液沿玻璃棒转移到容量瓶里。为保证溶质能全部转移到容量瓶中,要用溶剂多次洗涤烧杯,并把洗涤液全部转移到容量瓶里(见图 1-8(a))。

(3)向容量瓶内加入的液体液面离标线  $1\text{cm}$  左右时,应改用滴管小心滴加,最后使液体的弯月面与标线正好相切。

(4)盖紧瓶塞,用倒转和摇动的方法使瓶内的液体混合均匀(见图 1-8(b))。

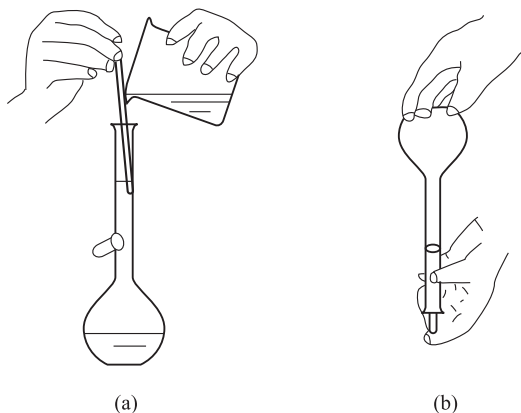


图 1-8 使用容量瓶配制溶液  
(a)转移溶液; (b)将容量瓶中的溶液混合均匀

使用容量瓶时应注意以下几点：

(1)不能在容量瓶里进行溶质的溶解,应将溶质在烧杯中溶解后再转移到容量瓶里。

(2)用于洗涤烧杯的溶剂总量不能超过容量瓶的标线。

(3)容量瓶不能进行加热。如果溶质在溶解过程中放热,要待溶液冷却后再进行转移,因为温度升高瓶体将膨胀,所量体积会不准确。

(4)容量瓶只能用于配制溶液,不能储存溶液,因为溶液可能会对瓶体进行腐蚀,从而使容量瓶的精确度受到影响。

(5)容量瓶用毕应及时洗涤干净,塞上瓶塞,并在塞子与瓶口之间夹一条纸条,防止瓶塞与瓶口黏连。

#### 4. 移液管的使用

移液管是用来准确移取一定体积的溶液的量器。它是一种量出式仪器,只用来测量它所放出溶液的体积。移液管是一根中间有一膨大部分的细长玻璃管。它下端为尖嘴状,上端管颈处刻有一条标线,是所移取的准确体积的标志。常用的移液管有  $5$ 、 $10$ 、 $25$ 、 $50\text{mL}$  等



规格。通常又把具有刻度的直形玻璃管称为吸量管。常用的吸量管有 1、2、5、10mL 等规格。移液管和吸量管所移取的体积通常可准确到 0.01mL。

使用移液管之前,应先用铬酸洗液润洗,以除去管内壁的油污,然后用自来水冲洗残留的洗液,再用蒸馏水洗净。洗净后的移液管内壁应不挂水珠。移取溶液前,应先用滤纸将移液管末端内外的水吸干,然后用欲移取的溶液涮洗管壁 2~3 次,以确保所移取溶液的浓度不变。

移取溶液时,用右手的大拇指和食指捏着移液管颈的上方,将其末端插入溶液中,左手拿洗耳球,先把球中空气压出,再将球的尖嘴接在移液管上口,慢慢松开压扁的洗耳球使溶液吸入管内(见图 1-9(a))。当液面升高到刻线以上时,移去洗耳球,立即用右手食指堵住上口。将移液管提出液面,使其保持垂直,同时末端靠在容器的内壁上,为此可使容器略微倾斜。然后略微放松食指,并轻轻捻动管身,使液面缓慢下降,当溶液的弯月面下沿恰与刻线相切时,立即用食指压紧上口,使溶液不再流出。将移液管取出并插入承接容器中。为保持其垂直并使末端靠在容器内壁,可使承接容器略倾斜。松开食指,让管内溶液自然地全部沿容器壁流下(见图 1-9(b))。全部溶液流完后须等 15s 后再拿出移液管,以便使附着在管壁的部分溶液得以流出。如果移液管未标明“吹”字,则残留在管尖末端内的溶液不可吹出,因为移液管所标定的量出容积中并未包括这部分残留溶液。

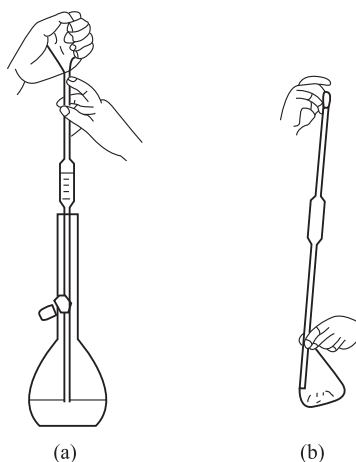


图 1-9 移液管的使用  
(a)用洗耳球吸取溶液;(b)放溶液

### 三 常见化学品使用安全标识

如图 1-10 所示为常用化学品使用安全标识。



图 1-10 常用化学品使用安全标识

## 四 化学实验安全措施

### 1. 防火与灭火

化学实验室的易燃、易爆物品须定期检查,使用时远离火种,不能与强氧化剂接触。实验室里严禁吸烟,严禁生火取暖。家用电器用品要经常检修,防止因绝缘不良而短路或超负荷而引起线路起火。一旦发生火灾应立即移开可燃物,切断电源,停止通风。对小面积的火灾,应立即用湿布、沙子等覆盖燃烧物,隔绝空气使火熄灭。火灾发生应立即报警,根据燃烧物性质使用相应的灭火器,进行抢救,以减少损失。

常用的灭火器有以下几种:

(1)二氧化碳灭火器:适用于电器起火。

(2)干粉灭火器:用于扑灭可燃气体、油类、电器设备、物品、文件资料等的起火。

(3)1211 灭火机:高效灭火剂,适用于油类、有机溶剂、高压电器设备和精密仪器等的起火。

(4)泡沫式灭火器:适于油类和一般起火。

### 2. 一般伤害事故的处理

(1)割伤处理:伤口保持清洁,伤口内如有异物应小心取出,然后用酒精棉清洗,涂上红药水,必要时敷上消炎粉包扎,严重时采取止血措施,送往医院。

(2)烫伤和烧伤的处理:可在伤处涂上玉树油或 75%酒精后涂蓝油烃。如果烧伤面积较大,深度达真皮,应小心用 75%酒精处理,并涂上烫伤油膏后包扎,送往医院。

(3)化学灼伤处理方法:如果沾上浓硫酸,切忌用水冲洗,先用棉布吸取浓硫酸,再用水冲洗,接着用 3%~5%的碳酸氢钠溶液中和,最后用水清洗。必要时涂上甘油,若有水泡,应涂上龙胆汁。至于其他酸灼伤,可立即冲洗,然后进行处理。若被碱灼伤时先用水冲洗,然后用 3%的硼酸或 2%的醋酸清洗。如果酸碱溅入眼内,应先用水冲洗,再用 5%的碳酸氢钠溶液或 2%的醋酸清洗。

### 3. 中毒的急救措施

化学中毒有三条途径:通过呼吸道吸入有毒的气体、粉尘、烟雾而中毒;通过消化道误服而中毒;通过接触皮肤而中毒。

在实验室发生中毒时,必须采取紧急措施,同时紧急送往医院医治,常用的急救措施有以下几种:

(1)呼吸系统中毒。应使中毒者撤离现场,转移到通风良好的地方,让患者呼吸新鲜的空气。轻者会较快恢复正常。若发生休克、昏迷,可给患者吸入氧气及人工呼吸,并迅速送往医院。

(2)消化道中毒。应立即洗胃,常用的洗胃液有食盐水、肥皂水、3%~5%的碳酸氢钠溶液,边洗边催吐,洗到基本没有毒物后服用生鸡蛋清、牛奶、面汤等解毒剂。



(3)皮肤、眼、鼻、咽喉受毒物侵害时,应立即用大量的清水冲洗(浓硫酸先用干布擦干),具体措施和化学灼伤处理相同。

#### 4. 触电事故的急救措施

人体接触的电压高过一定值(36V)就可引起触电,特别是手脚潮湿时更容易触电。发生触电时,应迅速切断电源,将患者上衣解开进行人工呼吸,切忌注射兴奋剂。当患者恢复呼吸后立即送往医院治疗。

