

# 目 录

第一部分 基本概念 .....	1
一、物质的构成 .....	1
二、物质的变化和物质的性质 .....	2
三、物质的分类 .....	3
四、物质的化学量 .....	5
五、化学用语 .....	10
六、化学基本定律 .....	15
七、溶液 .....	17
习 题 .....	19
第二部分 基本理论 .....	22
一、物质结构 .....	22
二、元素周期律和元素周期表 .....	36
三、电离理论 .....	42
四、化学平衡 .....	51
习 题 .....	56
第三部分 元素及化合物的基本知识 .....	64
一、非金属元素的特性 .....	64
二、水和氢 .....	65
三、卤族元素 .....	66
四、氧和硫 .....	70
五、氮和磷 .....	75
六、碳的同素异形体 碳酸盐 .....	81
七、金属总论 .....	82

八、碱金属 .....	86
九、铝 .....	89
十、铁 .....	90
十一、化学肥料 .....	95
十二、单质、氧化物、酸、碱、盐的相互关系 .....	96
习 题 .....	99
<b>第四部分 有机化学基本知识 .....</b>	<b>106</b>
一、有机化合物总论 .....	106
二、烃（碳氢化合物） .....	118
三、重要的烃的衍生物 .....	130
四、碳水化合物 .....	142
习 题 .....	144
<b>第五部分 基本计算 .....</b>	<b>153</b>
一、根据元素符号和分子式的计算 .....	153
二、关于溶解度和溶液浓度的计算 .....	154
三、根据化学方程式的计算 .....	163
四、关于确定有机物的分子式 .....	178
习 题 .....	183
<b>第六部分 基本实验技能 .....</b>	<b>189</b>
一、认识化学实验常用仪器 .....	189
二、常用试剂的存放与使用 .....	194
三、化学实验的基本操作 .....	197
四、物质的鉴别 .....	204
习 题 .....	215
综合习题 .....	224
附录一 常用原子量表 .....	240
附录二 重要的化学方程式 .....	241
习题答案 .....	246

# 第一部分 基本概念

## 一、物质的构成

1. 分子 分子是保持物质化学性质的一种微粒。
2. 原子 原子是化学变化中的最小微粒。
3. 离子 带有电荷的原子或原子团叫离子。
4. 元素 具有相同核电荷数（即质子数）的同一类原子的总称。

自然界里各种元素，有两种存在形态。一种是以单质的形态存在的，叫做元素的游离态；一种是以化合物的形态存在的，叫做元素的化合态。例如  $O_2$  中的氧，叫氧的游离态；而  $H_2O$  中的氧叫氧的化合态。

现将元素与原子、原子与离子的比较和区别列表如下：

表 1—1 元素与原子的比较

	元 素	原 子
意 义	是反映一个集群的概念， 无数量意义	化学变化中的最小微粒， 有数量意义
表 示	只表示种类	除分种类外还论个数
使用领域	宏 观	微 观

表 1—2 原子与离子的区别

区 别		原 子	离 子
结构不同		不带电荷	带电荷
性质不同	物 性	例如由Cu原子构成的 Cu 单质显棕红色	$\text{Cu}^{2+}$ 的水合离子显深蓝色
	化 性	例如 Cu 原子能与硝酸汞起反应	$\text{Cu}^{2+}$ 不与硝酸汞反应

〔例题 1〕有人说“每个水分子是由两个氢元素和一个氧元素构成的”，这种说法对吗？为什么？怎样说才算正确。

答：不对。因为元素没有数量意义，不能论个，而原子才有数量意义，可以论个。正确的说法是：水分子是由氢元素和氧元素构成的；或者说每个水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成的。

〔例题 2〕Cl 原子和  $\text{Cl}^-$  离子有何区别？

答：①它们的结构不同：Cl 原子不带电荷； $\text{Cl}^-$  离子带有电荷。

②性质不同：由 Cl 原子构成的  $\text{Cl}_2$  分子在气态时显黄绿色，能与 KI 溶液发生置换反应；而  $\text{Cl}^-$  的水合离子是无色的，不与 KI 溶液发生反应。

## 二、物质的变化和物质的性质

### 1. 物质的变化

(1) 化学变化 物质发生变化而生成别的物质，这类变化叫做化学变化。化学变化也叫化学反应。

(2) 物理变化 物质发生变化而没有生成别的物质，

这类变化叫做物理变化。

表 1—3 物理变化与化学变化的比较

	物 理 变 化	化 学 变 化
特 征	因分子运动速度改变引起分子聚集状态的变化(气、液、固)	伴随着原子的重新组合常有能量变化(放热或吸热)
实 质	没有新物质生成(分子未变)	有新物质生成(分子改变)

## 2. 物质的性质

(1) 物理性质 物质不需发生化学变化就表现出来的性质,如颜色、状态、气味、熔点、沸点、硬度、比重、溶解性等,叫做物理性质。

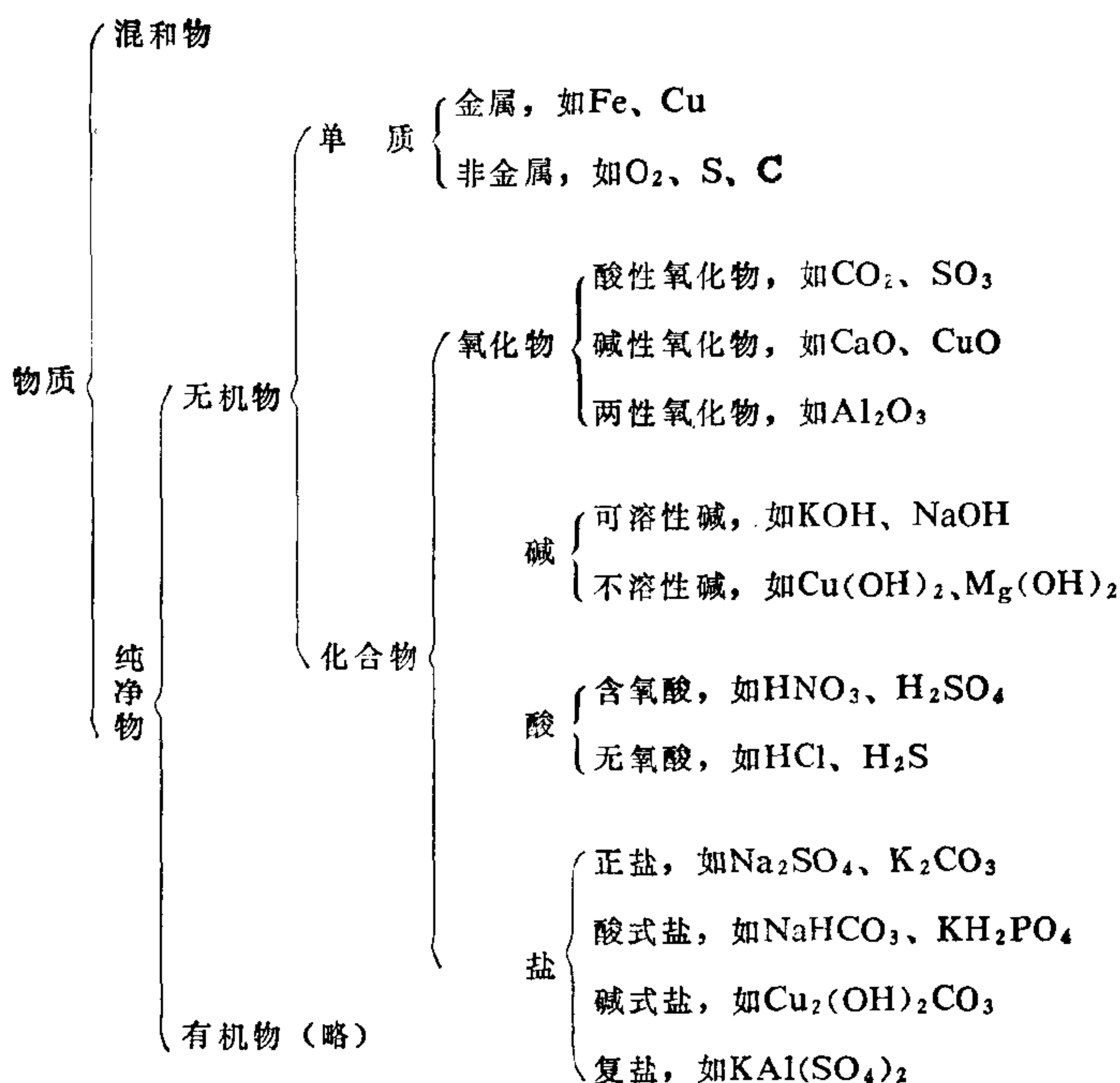
(2) 化学性质 物质在化学变化中表现出来的性质,叫做化学性质。

主要化学性质有:①活动性,②稳定性,③对热或光的作用,④对空气的作用,⑤对氢及金属的作用,⑥对化合物(水、酸、碱、盐、氧化剂、还原剂等)的作用等。

## 三、物质的分类

### 1. 物质的分类

有时在无机化合物中,除下述分类外,又列入氢化物等类别。氢化物又分:气态氢化物(如 $\text{NH}_3$ 、 $\text{HCl}$ 等)、盐型氢化物(如 $\text{KH}$ 、 $\text{CaH}_2$ 等)。在氧化物中,过去又分做两类:不成盐氧化物(如 $\text{NO}$ 、 $\text{CO}$ 等)、成盐氧化物(如 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 等)。



## 2. 元素和单质的区别

元素仅以游离态形式存在时，才能叫单质。例如，不能说  $\text{CO}_2$  是由碳单质和氧单质组成的，而应该说是由碳元素和氧元素组成的。

元素的基本单元是原子，而单质的基本单元可以是原子或分子。此外，同一种元素可以形成几种彼此不同的单质，如氧气和臭氧、白磷和赤磷等，而单质则不能。

## 3. 化合物与混和物

表 1—4 化合物与混和物的比较

	化 合 物	混 和 物
a、组成	固 定	不 固 定

(续)

b、性质	组成化合物的各成分已失去原有性质	各物质仍保持它们的原有性质
c、变化	生成时必须经过化学变化	混和后各物质间不发生化学变化

## 四、物质的化学量

### 1. 原子量和分子量

(1) 原子量 原子量是一种元素的一个原子的平均质量对  $^{12}_6\text{C}$  一个原子质量的 $1/12$ 之比。

原子量只是一个比值，它没有单位。

(2) 分子量 一个分子中各原子的原子量的总和就是分子量。

### 2. 摩尔——物质的量的单位

(1) 摩尔 (mol) 是物质的量的单位 该物质中所包含的基本单元数与 0.012 千克  $^{12}_6\text{C}$  的原子个数相等就叫 1 摩尔。在使用摩尔时，基本单元数应予指明，可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子，或是这些粒子的特定组合。

由于 1 个  $^{12}_6\text{C}$  原子的绝对质量是固定的，所以 0.012 千克  $^{12}_6\text{C}$  中所含的原子数目也是一定的。这个数目为  $6.02 \times 10^{23}$

(个原子)，称为阿佛加德罗常数，通常用  $N_A$  表示。可见，凡含有  $6.02 \times 10^{23}$  个结构粒子（基本单元）的物质，叫做 1 摩尔。

(2) 摩尔质量 即 1 摩尔物质的质量，对元素和化合物来说，如果质量以克计，在数值上就等于它们的原子量或分子量。单位为克/摩尔。

(3) 物质的质量、摩尔质量和摩尔数 (m) 之间的关

系：

$$\text{摩尔数 (m)} = \frac{\text{物质的质量 (克)}}{\text{摩尔质量 (克/摩尔)}}$$

上式中的 m 即为摩尔数。现将摩尔的实际应用举例如下：

〔例题 3〕 27 克水是几个摩尔？

解：水的摩尔质量 = 18 克/摩尔

所以，27 克水的摩尔数为：

$$\frac{27 \text{ 克}}{18 \text{ 克/摩尔}} = 1.5 \text{ 摩尔}$$

答：27 克水是 1.5 摩尔。

〔例题 4〕 2 摩尔  $\text{Na}^+$  离子的质量是多少克？

解： $\text{Na}^+$  的摩尔质量 = 23 克/摩尔

所以，2 摩尔  $\text{Na}^+$  的质量为：

$$23 \text{ 克/摩尔} \times 2 \text{ 摩尔} = 46 \text{ 克}$$

答：2 摩尔  $\text{Na}^+$  离子的质量是 46 克。

〔例题 5〕 高铬钢的主要成分是由含 30% 的 Cr 和 70% 的 Fe 组成的金属固溶体（即均一混和物），问 136 克这种合金是多少摩尔？

解：Fe 的摩尔质量 = 56 克/摩尔

Cr 的摩尔质量 = 52 克/摩尔

所以，136 克合金的摩尔数为：

$$\frac{136 \text{ 克} \times 30\%}{52 \text{ 克/摩尔}} + \frac{136 \text{ 克} \times 70\%}{56 \text{ 克/摩尔}} \\ = 0.8 \text{ 摩尔} + 1.7 \text{ 摩尔} = 2.5 \text{ 摩尔}$$

答：136 克这种合金是 2.5 摩尔。

值得注意的是，若某合金是金属互化物，如 Cu-Zn 合金，那么它的基本单元是 Cu-Zn，其摩尔质量是 (64 + 65)

克/摩尔。

### 3. 气体摩尔体积

1 摩尔的任何气体，在标准状况下所占的体积都是22.4升。这个体积叫做气体的摩尔体积，用22.4升/摩尔表示。在同温同压下，摩尔数相同的任何气体都占有相同的体积。任何气体的1摩尔体积里都含有 $6.02 \times 10^{23}$ 个分子。

对气体摩尔体积的理解应该注意以下几点：①在标准状况下，②气体，③1摩尔，④22.4升。这四条是缺一不可的，在处理具体问题时，要综合起来考虑，否则就容易造成错误。

〔例题6〕“1摩尔任何物质的体积都是22.4升”，这种说法是否正确？若不正确，试加以改正。

答：不正确。应改为“1摩尔的任何气体，在标准状况下的体积是22.4升”。

本题的说法所以是错误的，显然是由于忽略了“在标准状况下”和“气体”这两个重要条件。

〔例题7〕5.6升氮气（在标准状况下）和多少克氢氧化钠含有的分子数相同？

解：根据摩尔数相同的任何物质所含的基本单元数（此题中指分子数）相等的事实，先求出5.6升氮气（在标准状况下）是几摩尔。

$$\begin{aligned} \because \text{N}_2 \text{的摩尔体积} &= 22.4 \text{升/摩尔}, \\ \text{NaOH的摩尔质量} &= 40 \text{克/摩尔}, \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{5.6 \text{升}}{22.4 \text{升/摩尔}} = 0.25 \text{摩尔}.$$

0.25摩尔NaOH的质量是：

$$0.25 \text{摩尔} \times 40 \text{克/摩尔} = 10 \text{克}.$$

答：5.6升 $N_2$ （在标准状况下）和10克 NaOH 含有的分子数相同。

〔例题 8〕某气体 400 毫升，在标准状况下的质量为 1.143 克，求该气体的分子量。

解：①求在标准状况下该气体 1 升的质量（克）：

$$\frac{1.143 \text{ 克} \times 1000 \text{ 毫升}}{400 \text{ 毫升}} = 2.858 \text{ 克/升。}$$

②求该气体的摩尔质量：

∵ 气体的摩尔体积 = 22.4 升/摩尔

∴ 该气体的摩尔质量为：

$$22.4 \text{ 升/摩尔} \times 2.858 \text{ 克/升} = 64.019 \text{ 克/摩尔}$$

由于摩尔质量在数值上等于分子量，所以 64.019 即为该气体的分子量。

答：该气体的分子量是 64.019。

通过对本题的解法，可使我们初步了解根据某气体或某有机物在蒸气状态下的密度求该物质分子量的方法，这在有机化学计算中经常用到。此法的依据有两条：

①在化学上常把在标准状况下，某气体 1 升的质量叫做该气体的密度，单位是克/升。如氢气的密度是 0.0899 克/升；氧气的密度是 1.4285 克/升等。

②气体的摩尔体积是 22.4 升/摩尔。而且摩尔质量在数值上又都等于它的分子量。所以，在标准状况下 22.4 升气体的质量（克），其数值即为分子量（M）。常用下面的公式表示：

$$M = 22.4d \quad (d \text{ 为气体密度})$$

#### 4. 物质的当量

(1) 元素的当量 在化学上，把某元素跟 8 分的氧或

1.008分的氢相化合时，或从化合物中置换出同量的氧或氢时所需要的量，叫做该元素的当量。常用下式推算各元素的当量。

$$\text{元素的当量} = \frac{\text{元素的原子量}}{\text{元素的化合价}}$$

(2) 化合物的当量 某化合物跟1当量的氧或1当量的氢，或1当量的任何其他物质完全作用时所需要的量，叫做该化合物的当量。

酸、碱、盐当量的计算方法如下：

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{酸分子量}}{\text{酸分子中参加反应的H}^+ \text{数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{碱分子量}}{\text{碱分子中参加反应的OH}^- \text{数}}$$

$$\text{盐的当量} = \frac{\text{盐分子量}}{\text{盐分子中金属原子个数} \times \text{金属的化合价}}$$

例如： $\text{H}_2\text{SO}_4$ 的当量 =  $\frac{98}{2} = 49$

$\text{Ca(OH)}_2$ 的当量 =  $\frac{74}{2} = 37$

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 的当量 =  $\frac{342}{3 \times 2} = 57$

(3) 克当量和克当量数 物质的当量用克表示时，称为该物质的克当量。物质的克当量数，就是一定量的该物质中含有几个克当量。物质的质量、克当量和克当量数之间的关系为：

$$\text{克当量数} = \frac{\text{物质的质量 (克)}}{\text{克当量 (克)}}$$

同理，若物质的当量以毫克表示时，则称为毫克当量。它是克当量的千分之一。

必须指出，同一种物质在不同反应中，它的当量也可能不同，因此，物质的当量必须根据实际发生的反应来计算。

〔例题 9〕 147克硫酸是几个克当量？

解：∵  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的克当量 =  $\frac{98}{2} = 49$  (克)

∴ 147克  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的克当量数为：

$$\frac{147 \text{ 克}}{49 \text{ 克}} = 3 \text{ (克当量)}$$

答：147克硫酸是 3 克当量。

〔例题 10〕 0.5克当量的  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的质量是多少克？

解：∵  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的克当量 =  $\frac{98}{2} = 49$  (克)

∴ 0.5克当量  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的质量为：

$$49 \text{ 克} \times 0.5 = 24.5 \text{ 克}$$

答：0.5克当量  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  的质量是 24.5 克。

## 五、化学用语

1. 元素符号 在化学上，各种元素都用它的拉丁文名称的第一个字母或再附加一个字母来表示。如氢—H、氧—O、铁—Fe、氯—Cl等。

世界各国所用的元素符号是统一的，目前我们按英文字母读音，如 H[ei]、O[ou]、Fe[efi:]、Cl[si:el]。

元素符号的意义：①表示一种元素；②表示这种元素的一个原子；③表示这种元素的原子量。

2. 化学式 化学式是用元素符号来表示物质的化学组成的式子。它包括最简式、分子式和结构式等。

(1) 最简式 (或称实验式) 是表示组成该物质的元素、各元素的原子个数比的化学式。如醋酸的最简式为  $\text{CH}_2\text{O}$ ，它只表示分子中各元素的原子个数间的比，并没有决定分子中确实的原子数目，故称最简式。至于代表醋酸的分子式究竟是  $\text{CH}_2\text{O}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ……或  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ ，还有待于确定了醋酸的分子量后认定。

最简式中各元素原子量的总和，叫做最简式的式量。如上述最简式的式量  $= 12 + 1 \times 2 + 16 = 30$ 。以式量去除分子量，就得出表示分子式是最简式的几倍。可用下列关系式表示：

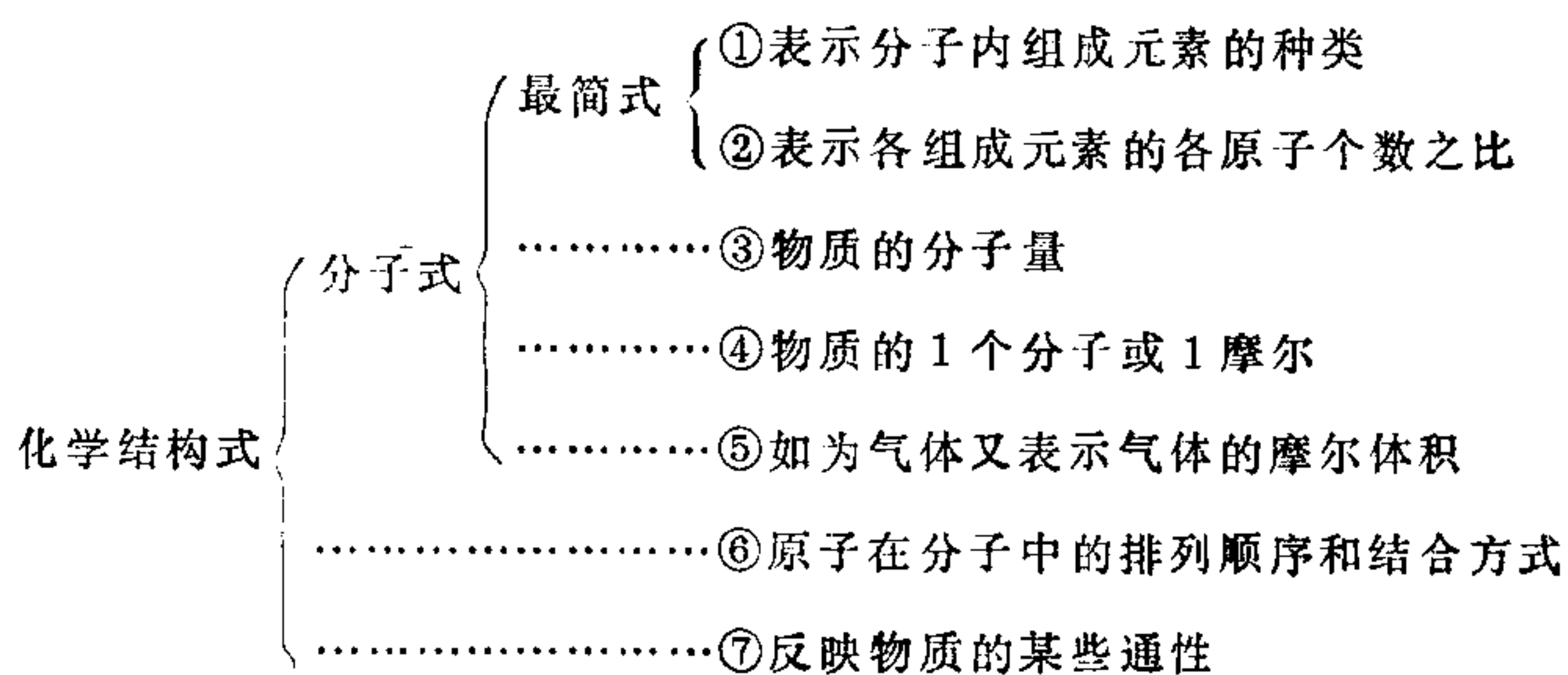
$$n = \frac{\text{分子量}}{\text{式量}}, \quad \text{分子式} = (\text{最简式})_n$$

如果给出某物质所含各元素的百分组成，就能通过计算确定化合物中各元素原子个数的简单整数比，即最简式。若再通过某些给出条件 (如已知蒸气密度) 求出分子量，根据上述关系式即可确定该物质的分子式。

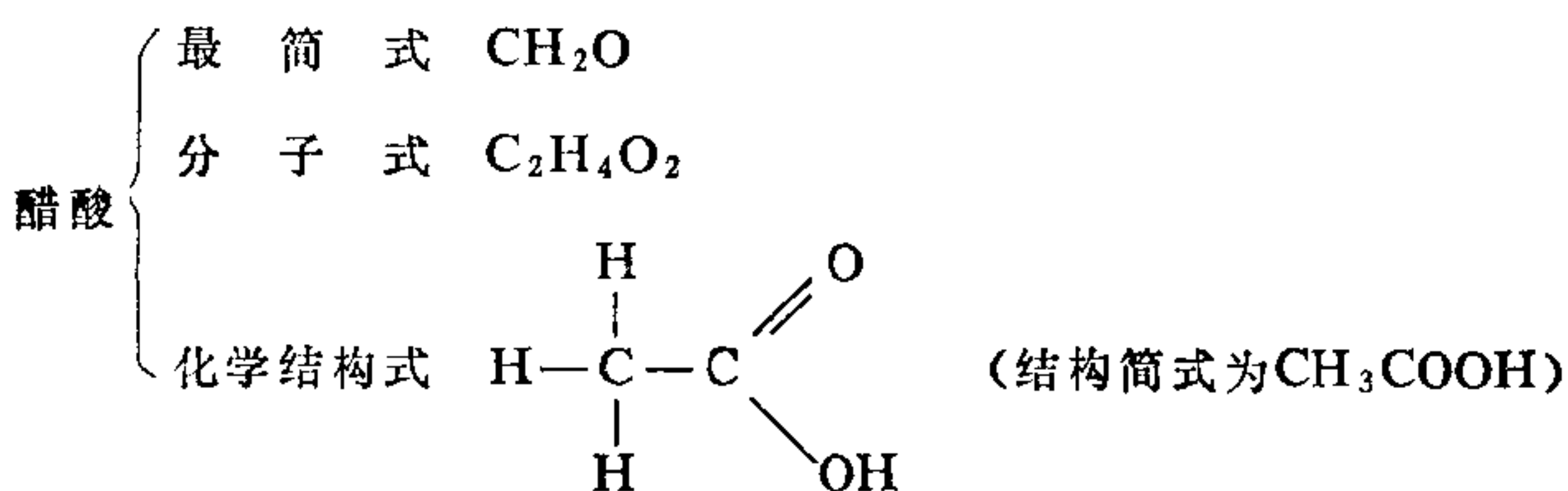
(2) 分子式 分子式不仅表示物质组成的简单质量比，而且还代表物质的分子量和实际存在于分子中的原子数目的真实化学式。

(3) 结构式 结构式不仅表示分子中组成原子的种类和数目，而且还表示出分子中各原子的排列顺序和结合方式的化学式。

三者的关系和含义如下：



例如：



3. 化学方程式 用分子式来表示化学反应的式子，叫做化学方程式。

(1) 化学方程式的意义

- ①在质的方面，它表明反应物及生成物的种类。
- ②在量的方面，它表明各物质之间分子（或原子）个数之比或质量关系。
- ③如有气体参加反应或生成时，又表示它们之间的体积关系。
- ④表示发生条件或能量转变等。

应该指出的是，物质组成和化学反应都是客观实在，而分子式和化学方程式仅是这种客观实在的描述。不能反映物质组成和化学反应的任何“分子式”和“化学方程式”都是错误的。

(2) 化学方程式的写法和配平

书写化学方程式的基本要求是，要符合客观实验事实，不得随意乱造。配平化学方程式的主要依据是，服从质量守恒定律使反应前后每一种元素的原子总数必须相等。配平化学方程式有多种方法，但概括起来，常用的只有两种：对于一些非氧化—还原反应，因为它们的系数往往很简单，常用观察法；对于比较复杂的氧化—还原反应，常用电子配平法。后一方法的主要依据是，还原剂失电子的总数和氧化剂得电子的总数必定相等。其配平步骤如下：

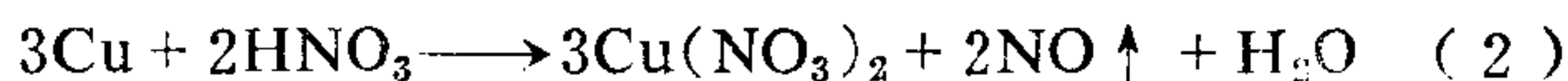
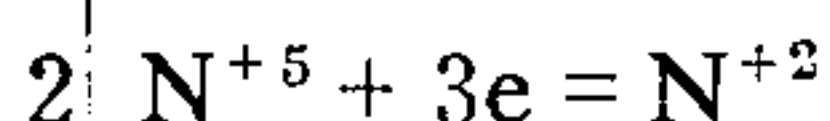
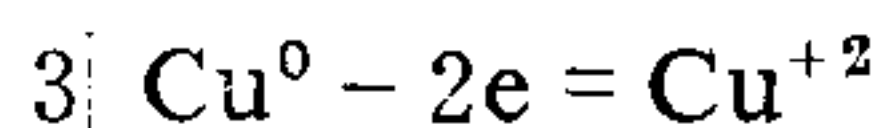
①写出参加氧化—还原反应的反应物和生成物。

②确定参加反应的物质中某些元素在反应前后的化合价变化，并找出哪些原子或离子被氧化，哪些被还原。

③写出氧化过程和还原过程得失电子的方程式，找出两式相乘可使得失电子总数相等的最小乘数。所得最小乘数就是氧化剂和还原剂前面的系数。

④最后根据观察计算来配平这些物质前面的系数。

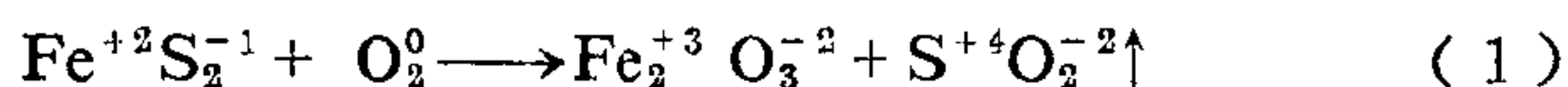
〔例题11〕Cu 和稀硝酸反应。



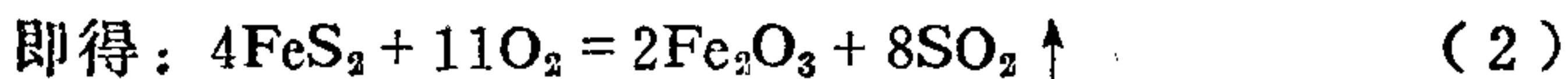
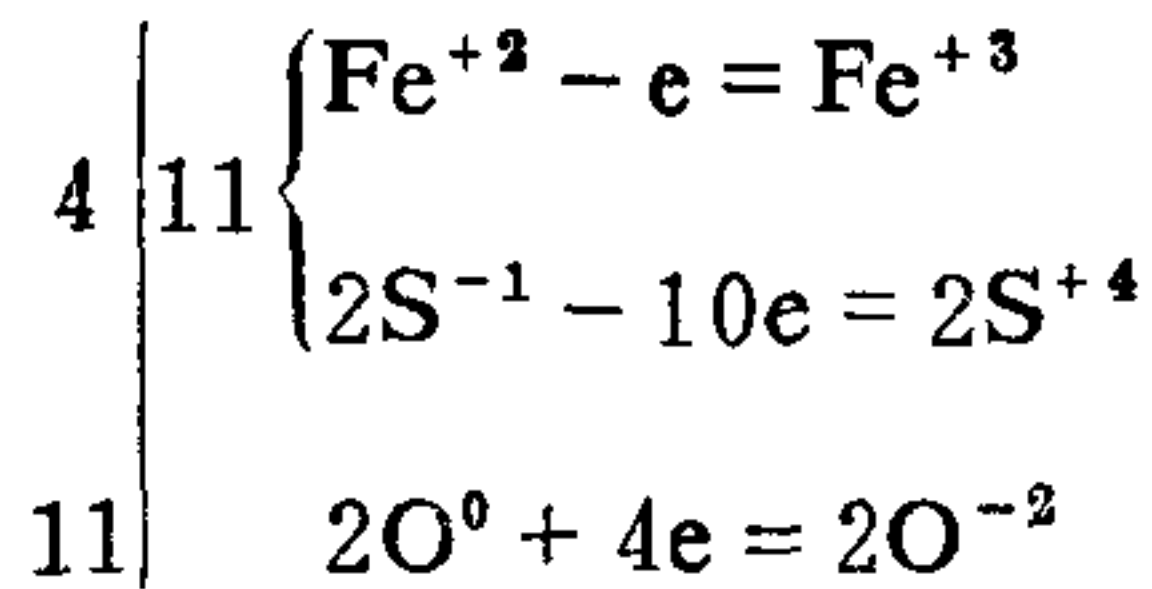
从生成物的系数来观察还有 6 个分子  $\text{HNO}_3$  消耗于生成  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  这种盐的分子之中，故  $\text{HNO}_3$  前面的系数应改为 8。



〔例题12〕焙烧硫铁矿制取二氧化硫。



应该注意，由于  $\text{FeS}_2$  分子中 S 的结合方式为  $-\text{S}:\text{S}-$ ，两个 S 原子间的电子对不发生偏移，以非极性键键合，不视为化合价的表征，一般地只看成整个基团 ( $-\text{S}:\text{S}-$ ) 是  $-2$  价的，那么每个 S 原子可视为  $-1$  价。



#### 4. 化学反应的基本类型

从反应物和生成物的组合关系来分，化学反应有四种基本类型（化合、分解、置换和复分解反应）。就其本质而言，若从有无电子转移的角度出发，可归纳为两种类型，即氧化—还原反应及非氧化—还原反应。

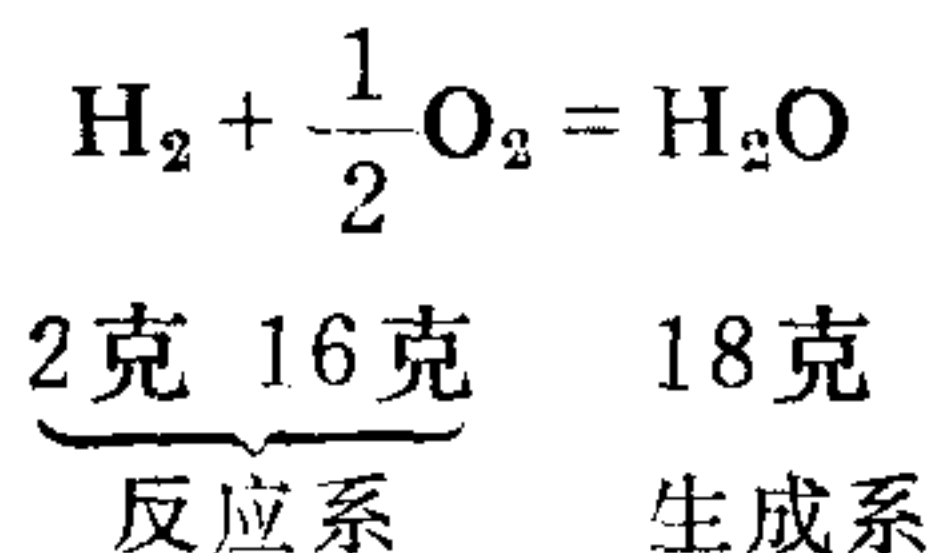
表 1—5 化学反应的基本类型

	氧化—还原反应	非氧化—还原反应
化合	$  \begin{array}{c}  2e \\  \downarrow \\  2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}  \end{array}  $	$  \text{CaO} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{\text{熔化}} \text{CaSiO}_3  $
分解	$  \begin{array}{c}  12e \\  \downarrow \\  2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \uparrow  \end{array}  $	$  \text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow  $
置换	$  \begin{array}{c}  2e \\  \downarrow \\  \text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu} \\  2e \\  \downarrow \\  2\text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2  \end{array}  $	
复分解		$  2\text{NaOH} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4  $

## 六、化学基本定律

1. 质量守恒定律 参加化学反应的各物质的质量总和，等于反应后生成的各种物质的质量总和。这个规律叫质量守恒定律。

例如：2克氢和16克氧发生反应生成18克水。



反应物质或生成物质的体系，叫做反应系或生成系。从定律的意义出发，反应系(质量) = 生成系(质量)。所以，此定律是化学反应或计算时的重要依据。

2. 当量定律 两种物质完全反应时，它们的克当量数一定相同。换句话说，两种物质相互反应时，其质量之比等于它们的当量之比。这就是当量定律。

根据当量浓度的定义，其数学表达式为：

$$N = \frac{n}{V(\text{升})}, \quad n = NV$$

如果用  $N_1$ 、 $N_2$  分别表示 A、B 两种溶液的当量浓度，用  $V_1$ 、 $V_2$  分别表示它们完全反应时所需要的体积，由此可求出它们的克当量数为： $n_1 = N_1V_1$ ， $n_2 = N_2V_2$

根据当量定律可以得到下面的重要关系式：

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

由于溶液（指当量溶液）在稀释时，稀释前后溶质的克当量数不变，故此公式又称为稀释公式。

若以  $m_1$ 、 $m_2$  分别表示 A、B 两种物质相互作用时的质