

目 录

第一章 物质的组成

- 一、基本概念(1)
 - 1. 原子、分子、单质、化合物.....(1)
 - 2. 化学基本定律.....(2)
 - 3. 化合价.....(2)
 - 4. 摩尔、摩尔质量、克当量.....(3)
 - 5. 气体摩尔体积、亚佛加德罗定律、气体方程式.....(4)
 - 6. 分压定律.....(5)
- 二、例题(6)
- 三、习题(16)

第二章 溶 液

- 一、基本概念(28)
 - 1. 溶液、胶体溶液、悬浊液、乳浊液.....(28)
 - 2. 溶解度、影响溶解度的因素.....(29)
 - 3. 溶液的浓度.....(31)
 - 4. 溶液浓度的相互换算.....(33)
 - 5. 稀溶液的依数性.....(34)
- 二、例题(36)
- 三、习题(45)

第三章 物质结构与元素周期律

- 一、基本概念(57)
 - 1. 原子的组成.....(57)
 - 2. 原子核外电子的运动状态.....(58)
 - 3. 原子核外电子的排布和元素周期律的关系.....(62)
 - 4. 周期表中元素性质的递变规律.....(63)

5. 化学键.....	(64)
二、例题	(71)
三、习题	(82)

第四章 化学反应速度和化学平衡

一、基本概念.....	(101)
1. 化学反应速度.....	(101)
2. 影响反应速度的因素.....	(101)
3. 可逆反应与化学平衡.....	(105)
4. 平衡常数.....	(105)
5. 平衡常数的意义和应用.....	(106)
6. 平衡移动及影响平衡移动的因素.....	(106)
二、例题	(108)
三、习题	(117)

第五章 电解质溶液

一、基本概念	(126)
1. 电解质与电离度.....	(126)
2. 弱电解质的电离平衡.....	(127)
3. 影响电离平衡移动的因素.....	(128)
4. 多元酸的电离平衡.....	(129)
5. 水的离子积和溶液的 pH 值.....	(130)
6. 盐的水解和影响水解的因素.....	(131)
7. 缓冲溶液.....	(136)
8. 酸碱质子理论.....	(138)
9. 酸碱电子理论.....	(139)
10. 酸碱的软硬分类.....	(140)
二、例题	(141)
三、习题	(150)

第六章 氧化还原反应

一、基本概念	(160)
--------------	-------

1. 氧化还原反应	(160)
2. 氧化数	(160)
3. 氧化还原反应方程式的配平	(162)
4. 原电池	(162)
5. 标准电极电位	(164)
6. 电解池	(164)
7. 电解定律	(166)
二、例题	(168)
三、习题	(183)
第七章 一些常见的金属、非金属及其重要化合物	
一、基本概念	(196)
1. 一些常见的金属	(196)
2. 一些常见的非金属	(206)
3. 一些重要的化合物	(209)
4. 络合物的结构和性质	(213)
二、例题	(215)
三、习题	(227)
第八章 有机化合物	
一、基本概念	(244)
1. 烃和石油	(244)
2. 烃的衍生物	(259)
3. 糖类	(264)
4. 高分子化合物	(268)
5. 农药	(271)
二、例题	(273)
三、习题	(284)
习题答案	(293)
附录	(349)

第一章 物质的组成

一、基本概念

1. 原子、分子、单质、化合物

构成物质的微粒有多种,分子是构成物质的一种微粒。水就是由大量的水分子聚集而成的。分子是保持原物质化学性质的一种微粒。同种物质的分子性质相同,不同种物质的分子性质不同。分子之间有间隔,一切分子都在不停地运动着。

分子是由原子构成的。原子是化学变化中的最小微粒。原子也可以直接构成物质,例如铁就是由许多铁原子构成的。原子和分子一样,也是在不停地运动着的。

由同种元素的原子组成的物质叫单质。如氧气、氢气、铁、铜、硫等。由不同种元素的原子组成的物质叫化合物。如水、硫酸、氢氧化钠、碳酸氢铵等。

由同一种单质或化合物组成的物质,叫做纯净物。由几种不同的单质或化合物以任意数量混和组成的物质,叫做混和物。

纯净物有固定的组成和性质,混和物则没有。组成混和物的各种物质,在混合时不发生化学变化,仍保持它们各自的性质。

2. 化学基本定律

物质在发生化学变化时,不是杂乱无序,而是严格遵守一定规律的。化学反应的特征是生成了新物质。在化学变化中,物质按一定的数量关系进行反应,生成一定量的产物。掌握化学变化的数量关系是很重要的。

化学上有关质量的基本规律有质量守恒定律、定比定律、倍比定律及当量定律等。

质量守恒定律:参加化学反应的物质的总重量等于反应后生成物的总重量。

定比定律:每一个化合物组成元素的重量,都有一定的比例(即任何化合物都有固定的组成)。

倍比定律:当甲乙两种元素化合形成几种化合物时,则在这些化合物中,与一定重量的甲元素化合的乙元素的重量,必互成简单的整数比。

定比定律、倍比定律只概括了化合物的组成关系,一般都用百分组成来表示。如果以8份重量的氧或1.008份重量的氢为标准,其它各元素与8份重量的氧或1.008份重量的氢起反应的重量,称为该元素的当量。

当量定律:各元素(或化合物)相互反应时,其重量之比等于它们的当量之比。

3. 化合价

元素的原子相互结合成化合物分子时,原子之间的数目不是任意的,而是一定的。任何一种元素的原子,只能跟一定个数的,而不能与任意个数的其它元素的原子相结合。元素的这种性质叫做元素的化合价。

元素的化合价有正价和负价。在化合物中，正负化合价的代数和为零。因此知道了元素的化合价将有助于判别物质的组成和化合物的分子式是否正确。

元素的化合价与它的当量、原子量存在下列关系：

$$\text{当量} = \frac{\text{原子量}}{\text{化合价}}$$

4. 摩尔、摩尔质量、克当量

摩尔是物质的数量单位，适用于任何物系的结构微粒（结构微粒可以是原子、分子、离子、电子或其它粒子，或这些粒子的特定组合体）。摩尔的定义为：一物系所包含的结构微粒数目和 0.012 公斤碳-12 的原子数目相同，则该物系物质的量为 1 摩尔，符号为 mol。0.012 公斤碳-12 的原子数等于阿佛加德罗常数，即 6.022×10^{23} 。也就是说 1 摩尔的任何物质里都含有 6.022×10^{23} 个结构微粒。

例如：1 摩尔的铁，含有 6.022×10^{23} 个铁原子。

1 摩尔的水，含有 6.022×10^{23} 个水分子。

1 摩尔的硫酸，含有 6.022×10^{23} 个硫酸分子。

1 摩尔物质的质量称为摩尔质量。其单位是克/摩尔 (g/mol)。

如果物质是由原子组成的，那么这种物质的摩尔质量就是 6.022×10^{23} 个原子的质量，在数值上就等于这种元素的原子量，单位为克/摩尔（相当于克原子量的概念。本书中摩尔质量、克原子量的概念均有使用）。

如果物质是由分子组成的，那末这种物质的摩尔质量就是 6.022×10^{23} 个分子的质量，在数值上就等于该物质的分子量，单位为克/摩尔（相当于克分子量的概念。本书中摩尔

质量、克分子量的概念均有使用)。

例如：1 摩尔 Fe 的质量为 55.85 克，即 55.85 克/摩尔。

1 摩尔 H_2O 的质量为 18 克，即 18 克/摩尔。

1 摩尔 H_2SO_4 的质量为 98 克，即 98 克/摩尔。

因此在一定量的物质中所含有几个摩尔即摩尔数，可以用下式计算：

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

或，物质的质量(克) = 摩尔数 \times 摩尔质量(克/摩尔)。

摩尔数可以是整数，也可以不是整数。

物质的当量以克作单位，称为该物质的克当量。物质的质量与克当量、克当量数之间有如下的关系：

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

5. 气体摩尔体积、亚佛加德罗定律、气态方程式

气体体积的大小跟温度、压力有关。在标准状态下(温度为 $0^\circ C$ 、压力为 1 大气压)，1 摩尔的任何气体所占的体积都是 22.4 升。该体积叫做气体摩尔体积。

对于一定量的气体，压力一定时，温度越高，则体积越大 ($T \propto V$)；温度一定时，压力越大，则体积越小，($V \propto \frac{1}{P}$)。如果气体的温度不很低，压力不很高，则 1 摩尔任何气体的体积、压力与温度三者之间的关系可以表示为：

$$P\bar{V} = RT$$

上述关系式称为气体状态方程式。

式中：P—压力(大气压或毫米汞柱)。

T—绝对温度 ($T = t^\circ + 273.15$)。

\bar{V} —1 摩尔任何气体,在压力 P 和温度 T 下,所占体积(升或毫升)。

R —气体常数。

如果 1 摩尔任何气体在标准状态下,即压力为 1 大气压,温度 0°C (即 273.15K), 体积为 22.4 升 则:

$$R = \frac{P\bar{V}}{T} = \frac{1 \text{ 大气压} \times 22.4 \text{ 升}}{273.15 \text{ 度}} \quad / \text{ 摩尔}$$
$$= 0.082 \text{ 升} \cdot \text{大气压} / \text{度} \cdot \text{摩尔}$$

若有 n 个摩尔气体时,气体状态方程可表示为:

$$PV = nRT \text{ 或 } PV = \frac{W}{M}RT$$

根据气体状态方程式可知,在相同温度和相同压力下,相同摩尔数的任何气体的体积都相同。换句话说,在同温、同压下,相同体积的任何气体都含有相同的摩尔数。由于 1 摩尔气体中含有 6.022×10^{23} 个分子,所以在同温同压下,相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。这就叫做亚佛加德罗定律。

气体状态方程式或亚佛加德罗定律是测定气体分子量的依据。

6. 分压定律

在一般情况下,各种气体都能以任意比完全混和。气体混和物的总压力等于各个气体分压力的总和。所谓气体分压,是指在同一温度下,各个气体单独占据混和气体的体积时所具有的压力。设 P 为混和气体的总压力, P_1 、 P_2 、 P_3 、…… P_i 分别代表气体 1、2、3、…… i 的分压力,则分压定律的数学表达式如下:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_i$$

二、例 题

1. 求物质的组成

物质(化合物)的组成, 化学上常用组成该物质的各元素之间的重量比或重量百分率表示。

一般可采用下述二种方法, 求物质(化合物)的组成:

(1) 综合法或分解法: 由几种单质制成该物质, 或反过来将该物质分解成为几种单质, 以确定它的组成。

(2) 根据该物质参与的化学反应或生成该物质的化学反应以确定它的组成。

例题1. 制备硫化亚铁时, 每 4.2 克铁需要 2.4 克硫。试以百分率表示硫化亚铁的组成。

解: 4.2 克铁需要与 2.4 克硫反应, 生成硫化亚铁重:

$$4.2 \text{ 克} + 2.4 \text{ 克} = 6.6 \text{ 克}$$

因此在硫化亚铁中含铁的百分率为:

$$\frac{4.2 \text{ 克}}{6.6 \text{ 克}} \times 100\% = 63.63\%$$

在硫化亚铁中含硫的百分率为:

$$\frac{2.4 \text{ 克}}{6.6 \text{ 克}} \times 100\% = 36.37\%$$

答: 硫化亚铁的百分组成为 $\text{Fe}\% = 63.63\%$ 、 $\text{S}\% = 36.37\%$ 。

例题2. (1) 分解 50 克碳酸钙得到 28 克氧化钙和 22 克二氧化碳。已知氧化钙中所含的钙和氧的重量比是 5:2, 二氧化碳中所含碳和氧的重量比是 3:8, 计算碳酸钙的组成。

(2) 燃烧一定量的砷化氢得到 0.66 克亚砷酸酐(含砷

75.8%)和0.18克水,试用百分率表示砷化氢的组成。

解: (1) 已知氧化钙中, $\text{Ca} : \text{O} = 5 : 2$, 在28克氧化钙中

$$\text{钙重} = 28 \text{克} \times \frac{5}{5+2} = 20 \text{克}$$

$$\text{氧重} = 28 \text{克} \times \frac{2}{5+2} = 8 \text{克}$$

已知二氧化碳中, $\text{C} : \text{O} = 3 : 8$, 在22克二氧化碳中

$$\text{碳重} = 22 \text{克} \times \frac{3}{3+8} = 6 \text{克}$$

$$\text{氧重} = 22 \text{克} \times \frac{8}{3+8} = 16 \text{克}$$

所以50克碳酸钙中含钙为20克, 碳为6克, 氧为:

$$8 \text{克} + 16 \text{克} = 24 \text{克}$$

即 $\text{Ca} : \text{C} : \text{O} = 20 : 6 : 24 = 10 : 3 : 12$

答: 碳酸钙的组成为 $\text{Ca} : \text{C} : \text{O} = 10 : 3 : 12$

(2) 根据化学反应生成0.66克亚砷酸酐(含砷75.8%), 砷重为:

$$0.66 \times 75.8\% = 0.5 \text{(克)}$$

生成0.18克水, 氢重为:

$$0.18 \times \frac{2}{18} = 0.02 \text{(克)}$$

∴ 砷化氢的重量为: $0.02 \text{克} + 0.5 \text{克} = 0.52 \text{克}$

在砷化氢中砷的百分率为:

$$\frac{0.5 \text{克}}{0.52 \text{克}} \times 100\% = 96.15\%$$

在砷化氢中氢的百分率为:

$$\frac{0.02 \text{克}}{0.52 \text{克}} \times 100\% = 3.85\%$$

答: 砷化氢的百分率为 $\text{As}\% = 96.15\%$, $\text{H}\% = 3.85\%$

2. 求物质的化学式

已知物质的重量组成和该物质各元素的原子量，就能求出它的简单化学式。若知道该物质的分子量，则可求出该物质的分子式。

例题3. 从实验测定氧化铜的百分组成为铜 80.1%，氧 19.9%，已知铜的原子量为 63.54，氧的原子量为 16。求氧化铜的化学式。

解： 设氧化铜内含有铜原子数为 x ，氧原子数为 y 。根据定比定律，任何纯物质的组成元素重量都有一定的比例。

$$\therefore x : y = \frac{80.1}{63.54} : \frac{19.9}{16} = 1 : 1$$

答： 氧化铜的化学式为 CuO 。

例题4. 将一种碳、氢、氧所组成的有机物 4.56 克进行燃烧时，得到 6.27 克 CO_2 和 5.13 克 H_2O 。已知它对空气的相对密度是 1.104。试导出该有机物的分子式。

解： 首先根据生成物 CO_2 和 H_2O ，求出该有机物中各元素的重量组成。

CO_2 的分子量为 44，在 6.27 克 CO_2 中碳的重量为：

$$6.27 \times \frac{12}{44} = 1.71(\text{克})$$

H_2O 的分子量为 18，在 5.13 克 H_2O 中氢的重量为：

$$5.13 \times \frac{2}{18} = 0.57(\text{克})$$

在 4.56 克被燃烧物中，所含氧的重量为：

$$4.56 - (1.71 + 0.57) = 2.28(\text{克})$$

因此在该有机物分子中，各元素的原子数之比等于它们的重量比除以原子量。

$$C : H : O = \frac{1.71}{12} : \frac{0.57}{1} : \frac{2.28}{16} = 1 : 4 : 1$$

所以该有机物的最简化学式为 CH_4O

因为物质的分子量 = 相对密度 × 相对物质分子量。

已知它对空气的相对密度是 1.104, 空气的平均分子量为

$$29 \text{ (即, } D_{\text{相对密度}} = \frac{M}{M_{\text{空气}}}) \text{。}$$

∴ 该有机物的分子量为:

$$M = 1.104 \times 29 = 32.02$$

该物质的最简化学式为 CH_4O

$$\therefore \frac{32.02}{CH_4O} = \frac{32.02}{32} = 1$$

即, 该物质分子式为 CH_3OH 甲醇。

答: 该有机物的分子式为 CH_3OH 甲醇。

3. 求单质或化合物的当量

根据当量定律, 各元素(或化合物)相互反应时, 其重量之比等于它们的当量之比。所以知道单质或化合物同任何一个已知当量的物质相互化合时的重量关系, 就可求得该单质或化合物的当量。

例题5. 硫化银的百分组成: 银 87.07%, 硫 12.93%。已知硫的当量为 16.03, 试计算银的当量。

解: 根据当量定律, 各元素相互化合时, 其重量之比等于它们的当量之比。

设银的当量为 x

$$16.03 : x = 12.93 : 87.07$$

$$x = \frac{16.03 \times 87.07}{12.93} = 107.9$$

答: 银的当量为 107.9。

例题6. 某金属的氧化物含氧 28.57%，该金属的氟化物含氟 48.72%，根据这些数据试求氟的当量。

解：第一步：先求出某金属的氧化物中该金属的当量。因某金属氧化物含氧为 28.57%，则该金属含量为：

$$1 - 28.57\% = 71.43\%$$

设该金属的当量为 x

$$28.57 : 71.43 = 8 : x$$

$$x = \frac{71.43 \times 8}{28.57} = 20$$

第二步：由已求出的该金属的当量，再求出氟的当量。

设氟的当量为 y

$$48.72 : 51.28 = y : 20$$

$$y = \frac{20 \times 48.72}{51.28} = 19$$

答：氟的当量为 19。

4. 求气体状态物质的体积或分子量

(1) 气体状态时某物质的体积，可以从已知该气体所处的压力与温度数据，利用气体状态方程式求出。

(2) 气体状态时某物质的分子量，可以根据亚佛加德罗定律或直接利用气体状态方程式计算。

例题7. 在水面上收集某一气体。在 20°C 与 757.4 毫米汞柱时，量得气体的体积为 229 毫升，试求在标准情况下干燥气体的体积。

解：本题关键是需知道在 757.4 毫米汞柱水面上收集的气体是该气体与饱和水蒸气二种气体的总和(总压力)。所以必须由饱和水蒸气压表中查出在该温度下饱和水蒸气压的数

据,然后再根据分压定律,求出该气体的分压。

由表中查知: $P_{H_2O} = 17.4$ 毫米汞柱(在 20°C 时饱和水蒸气气压)。

∴ 该气体的分压力为:

$$757.4 - 17.4 = 740 \text{ (毫米汞柱)}$$

最后根据下面方程式换算到标准状态的体积。

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

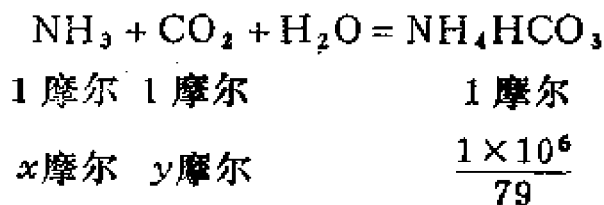
$$\text{即 } V_0 = \frac{P_1 V_1 T_0}{P_0 T_1} = \frac{740 \times 229}{293} \times \frac{273}{760} = 200 \text{ (毫升)}$$

答: 该干燥气体在标准状态下占有体积 200 毫升。

例题8. 已知某化肥厂生产碳酸氢铵,生产条件为所用原料氨在 5°C 、1.3 大气压;二氧化碳在 30°C 、1.5 大气压。试求生产一吨碳酸氢铵需用多少体积的氨和二氧化碳?

解: 首先根据化学反应方程式,计算出生产一吨碳酸氢铵所消耗氨和二氧化碳的摩尔数。

设生产一吨碳酸氢铵需消耗氨为 x 摩尔,二氧化碳为 y 摩尔。



$$1 : x = 1 : \frac{1 \times 10^6}{79}, \quad x = \frac{1 \times 10^6}{79} = 12.7 \times 10^3 \text{ (摩尔)}$$

$$1 : y = 1 : \frac{1 \times 10^6}{79}, \quad y = \frac{1 \times 10^6}{79} = 12.7 \times 10^3 \text{ (摩尔)}$$

再根据气体状态方程式,计算出氨和二氧化碳的体积 V 。

12.7×10^3 摩尔氨在 5°C 、1.3 大气压下,所占体积为:

$$V_{NH_3} = \frac{nRT}{P} = \frac{12.7 \times 10^3 \times 0.082 \times (273+5)}{1.3} = 222.3 \times 10^3 (\text{升})$$

12.7×10^3 摩尔二氧化碳在 30°C 、1.5 大气压下,所占体积为:

$$V_{CO_2} = \frac{nRT}{P} = \frac{12.7 \times 10^3 \times 0.082 \times (273+30)}{1.5} = 210.8 \times 10^3 (\text{升})$$

答: 生产一吨 NH_4HCO_3 将用去 5°C 、1.3 大气压时氨 222.3×10^3 升, 用去 30°C 、1.5 大气压时二氧化碳 210.8×10^3 升。

例题9. 在 17°C 和 780 毫米汞柱时, 624 毫升的气体重 1.56 克。试计算此气体的分子量。

解法1: 直接根据气体状态方程式进行计算。

$$PV = \frac{W}{M}RT \quad \text{即} \quad M = \frac{W}{PV}RT$$

$$P = 780 \text{ 毫米汞柱} \quad V = 624 \text{ 毫升}$$

$$T = 273 + 17 = 290\text{K} \quad W = 1.56 \text{ 克}$$

$$R = 62400 \text{ 毫米汞柱} \cdot \text{毫升/度} \cdot \text{摩尔}$$

$$\therefore M = \frac{1.56 \times 62400 \times 290}{780 \times 624} = 58 (\text{克})$$

解法2: 把该气体的体积换算到标准状态时体积。

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

$$P_1 = 780 \text{ 毫米汞柱} \quad V_1 = 624 \text{ 毫升} \quad T_1 = 290\text{K}$$

$$P_0 = 760 \text{ 毫米汞柱} \quad T_0 = 273\text{K} \quad V_0 = x \text{ 毫升}$$

代入上面公式:

$$V_0 = \frac{780 \times 624 \times 273}{290 \times 760} = 603 (\text{毫升})$$

在标准状态: 0.603 升气体重 1.56 克, 设 22.4 升该气体

重 x 克。

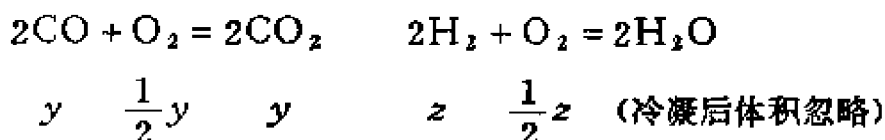
$$0.603 : 22.4 = 1.56 : x \quad x = \frac{22.4 \times 1.56}{0.603} = 58(\text{克})$$

答：此气体的分子量为 58 克。

例题 10. CO_2 与 CO 、 H_2 的混和气体 50 毫升与 20 毫升氧混和，并使之爆炸，当恢复到原来的室温及压力时，测得体积 37 毫升。用氢氧化钠溶液处理后剩下的体积为 3 毫升，试计算原来混和气体内各种气体的体积。

解：设原混和气体中 CO_2 体积为 x 毫升， CO 体积为 y 毫升， H_2 体积为 z 毫升。

在爆炸时，发生下列反应：



用 NaOH 溶液处理，只能吸收 CO_2 ，吸收 CO_2 的总体积为原混和物中的 CO_2 和爆炸后生成的 CO_2 的总和。

$$x + y = 37 - 3 = 34 \dots \dots \dots (1)$$

$\therefore \text{CO}_2$ 、 CO 、 H_2 总体积为 50 毫升

$$\text{即 } x + y + z = 50 \dots \dots \dots (2)$$

$$(2) - (1) \text{ 得 } z = 50 - 34 = 16(\text{毫升})$$

最后剩下的气体为未用完的氧(3毫升)，则在反应中消耗氧的体积为：

$$\frac{1}{2}y + \frac{1}{2}z = 20 - 3 = 17 \quad \therefore y + z = 34$$

$$y = 34 - z = 34 - 16 = 18(\text{毫升})$$

$$x = 50 - y - z = 50 - 16 - 18 = 16(\text{毫升})$$

答：混合气体中各气体的体积为： CO_2 16 毫升， CO 18 毫升， H_2 16 毫升。

