

編 者 的 話

化学是一門精密的科学，它的許多理論和应用都要求有不同精密程度的計算。化学計算無論在学习化学理論时或是在解决和化学有关的实际問題时，都是一个重要的方面。可是我們在初学化学的时候，往往觉得化学計算不容易掌握，会遇到許多困难。每一位中学化学教师总有这样的經驗：有些同学对一些简单的化学計算题还能够解答，題目稍一变化就不知道从何下手，要求教师多給他們分析和指导。

正是这种情况，使我們想到有需要編写一本指导解化学計算題的書，来帮助学习化学的人，包括中学同学和自学化学的同志，克服在这方面遇到的困难。我們是中学教师，在教学中也积累了一些有关的材料，知道学习的时候在哪些地方会感觉困难，在哪些地方容易犯錯誤。就利用这一些材料，根据中学化学教学大綱对中学学生掌握化学計算方面的技能的具体要求，編写这一本書。

这本書的章节基本上按照高中化学教学的順序，开头把初中学到的一些化学基本理論知識概括地叙述一下，結合着講一些有关的简单化学計算。以后就克原子和克分子、分子式、化学方程式、气体、溶液，这样几个方面分章，并

把有关門捷列夫周期律、原子結構和电离学說的問題并在一章里,最后作为中学化学計算的綜合性复习,专辟一章講到了怎样确定分子式的有关計算題。每一章又按問題性質分成若干节。在每章每节中,先把解答某一类問題應該具备的知識作了适当的闡释,和計算关系較大的講得多一些,和計算关系較小的講得少一些。然后举出例題,由浅入深,由簡單到复杂,分析解答。在选择例題时,尽可能結合实际,体现出化学計算和生产的密切关系。在分析中,說明解題怎样着手,怎样思考,解法可以怎样变化。在解題以后还提出應該注意的地方,或者容易犯什么样的錯誤,有时也根据解法作出必要的总結和探討。

在这本書的最后两章里,問題的性質已經超出了中学化学的范围。一章是关于当量的,一章是工农业生产中有关化学計算的实际問題举例。这一方面是考虑到这些知識本身的用处比較大,另一方面也因为我們認為在讀者学完了前面八章以后,学这两章不至于十分吃力。当然如果讀者一时还不需要这些,也尽可以暂时不看。

关于書中解題时所用的方法、格式,有几点特別提出来說一說:

第一,我們特別注意了計算中有关的各种量的单位。因为我們觉得初学的人在化学計算中最容易出錯的是单位。为了帮助學習的人避免这种錯誤,我們几乎在每一个量后面都注明了单位,而在計算过程中,也把单位的变换、导出等关系在算式中表示出来。这样一来,有些計算看来比較

冗长煩瑣。例如在解有关克原子、克分子的題目时，我們引进了用克/克原子或克/克分子做单位的克原子量、克分子量，使得从克数换算成克原子数或克分子数以及相反的换算都能导出应有的单位。又如在溶液克分子浓度和克当量浓度上我們用了克分子/升和克当量/升（或毫克当量/毫升）做单位，在一般单位的换算因数后面也加上了相应的单位，例如1,000,000克/噸、1000毫升/升等。这一些，目的都是为了引起讀者注意单位，避免在单位上出錯。如果讀者对这些已經熟練了，那就可以簡化一些，不必象我們解題中那样要求。

第二，我們在計算中凡是可以比例方法解的，几乎都用了比例式。这是因为我們認為，在化学計算中絕大部分的量都是成正比的关系，用比例方法来解，【考时很簡單，只要按比例一推，就可以求得結果。当然，凡是可以簡單比例解的題目，也往往可以用算术中的归一法来解，如果有些讀者喜欢用归一法，当然也可以。

第三，在解比例題时，要設未知量。一般書上都用 x 代表未知量的数值，而不包括单位。例如要求氢气的体积是多少升，就設氢气的体积是 x 升，这里 x 代表升数。可是在我們这本书里，却把 x 作为一个带单位的量看待，我們就說氢气的体积是 x ，这是因为在我們的計算中是进行量的計算，計算得出的不只是一个数值，还同时有单位。不过在列比例式时也有必要先規定未知量的单位，以便看它和单位統一的規則是否相合，所以我們在設未知量时，在 x 后面用括号注明要求的单位。这种形式初看有些別扭，是不是妥

当,希望讀者能對我們提出意見。

第四,在例題解法中,我們為了幫助讀者容易看清楚解題的步驟,把每一步的要求都寫出來。在讀者自己解題時,不一定要寫得那麼詳細,可以寫得簡略些。

編寫這本書雖然經過了幾年功夫,也反復作了几次修改,但是可能還有不妥甚至錯誤的地方,希望讀者指正。

在編寫這本書的過程中,承蒙中國青年出版社的編輯同志和北京教師進修學院的沈松源同志,提出了不少寶貴的意見,並作了許多具體的幫助,深表感謝。

王文彩 田鳳岐

1959年6月

目 次

第一章 基本知識 9

- 一 原子-分子論(9) 二 原子量和分子量(10) 三 化学基本定律(12) 四 元素符号和分子式(13) 五 根据化合价写分子式(15) 六 化学反应的类型和化学方程式(18) 习题(20)

第二章 有关克原子和克分子的計算 22

- 一 克原子(22) 二 克分子(25) 三 有关克原子的計算(27) 四 有关克分子的計算(32) 习题(36)

第三章 根据分子式的計算 38

- 一 求物質的百分組成(38) 二 求一定量的化合物中含某元素的質量(49) 三 求含一定量某元素的化合物的質量(56) 习题(61)

第四章 利用化学方程式的計算 64

- 一 化学方程式的涵义(64) 二 利用化学方程式进行計算的方法(66) 三 由反应物的質量求生成物的質量(70) 四 由生成物的質量求反应物的質量(88) 五 由生成物或反应物質量求另一生成物或反应物的質量(98) 习题(102)

第五章 有关气体体积的計算 106

- 一 气体克分子体积(106) 二 求一定質量气体的体积(108) 三 求一定体积气体的質量(110) 习题(114)

学方程式计算气体体积(114) 五 气态方程式——非标准状况下气体体积的计算(128) 习题(144)

第六章 有关溶解度和溶液浓度的计算147

一 溶解度(147) 二 有关溶解度的计算(149) 三 溶液的百分浓度(160) 四 溶液百分浓度和溶质、溶剂质量的互求(161) 五 利用化学方程式的计算中有关溶液百分浓度的题目(168) 六 溶液的克分子浓度(170) 七 关于制备一定克分子浓度溶液的计算(173) 八 溶液克分子浓度和百分浓度的互求(176) 九 利用化学方程式的计算中有关溶液克分子浓度的题目(181) 习题(190)

第七章 有关门捷列夫周期律、原子结构和电离学说的简单计算195

一 门捷列夫周期律(195) 二 原子结构(202) 三 同位素(204) 四 从原子结构看周期律(207) 五 电离学说(214) 习题(225)

第八章 从最简式到分子式227

一 求物质的最简式(229) 二 求物质的分子量(237) 三 求物质的分子式(246) 习题(255)

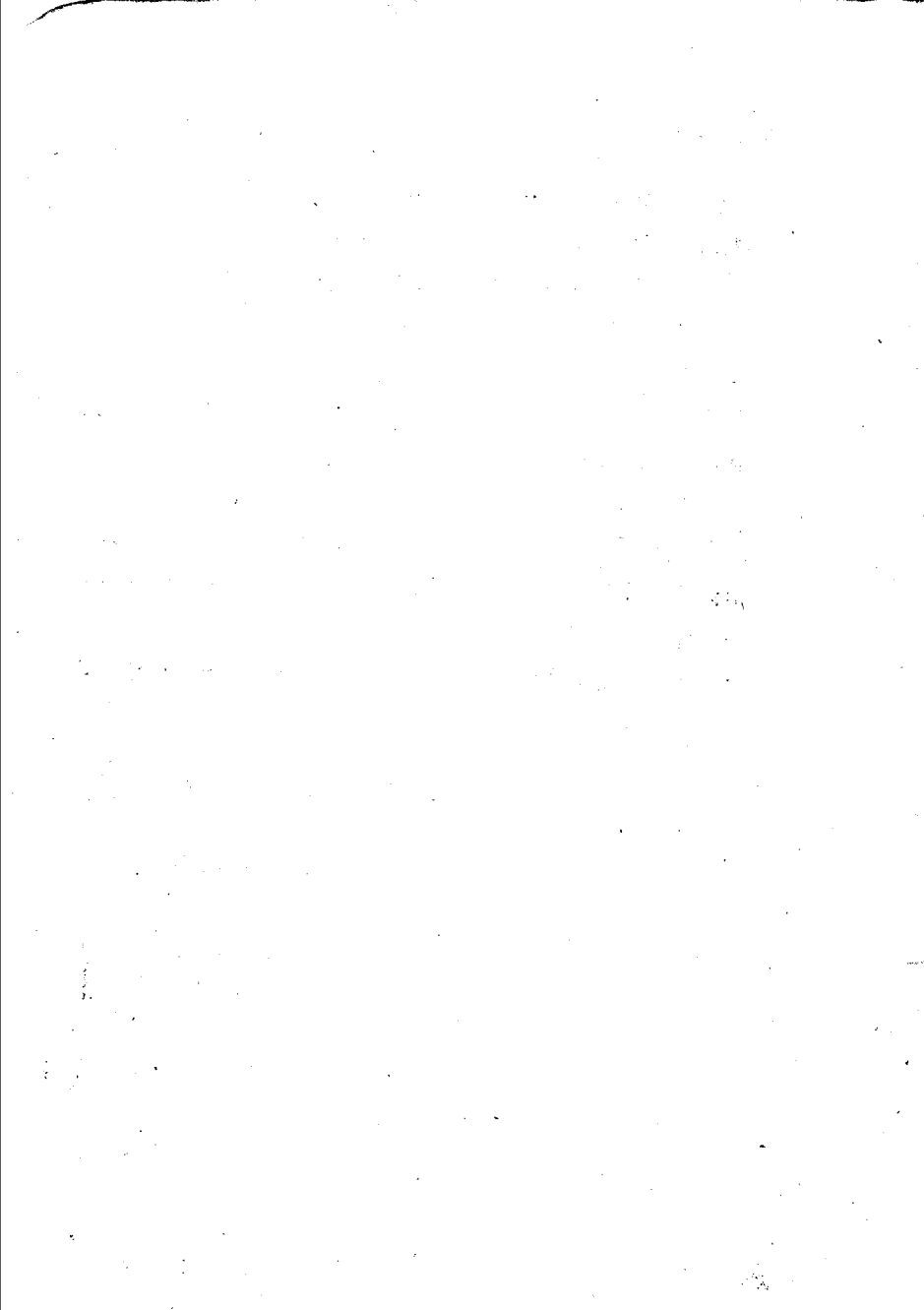
第九章 有关当量的计算259

一 元素的当量(259) 二 元素的当量、原子量和化合价的关系(264) 三 化合物的当量(268) 四 溶液的克当量浓度(281) 五 电化当量(295) 习题(299)

第十章 工农业生产中的化学计算举例301

一 炼铁(301) 二 硫酸制造(310) 三 气体分析(316) 四 土壤肥料分析(321) 五 两种农业杀虫药的配制(335) 习题(341)

附录一	习题答案	343
附录二	門捷列夫元素周期表	348
附录三	在18°C时几种盐和硷在水中的溶解度	349
附录四	几种固体的溶解度曲线	350
附录五	不同比重(15°C)的盐酸的百分浓度	351
附录六	不同比重(15°C)的硫酸的百分浓度	352
附录七	不同比重(15°C)的硝酸的百分浓度	355
附录八	不同浓度的几种硷溶液的比重(18°C)	356
附录九	几种酸、硷和盐的电离度(18°C)	357



第一章

基本知識

化学是研究物質的性質和变化的科学。在研究物質变化的时候，会牵涉到許多数量的关系，这就要进行化学計算。

化学計算是化学理論联系实际的一个重要方面。在学习化学的时候，通过化学計算，可以加深理解有关化学上一些重要的基本概念，掌握这些基本概念間的內在联系。化学計算在工农业生产中又是不可缺少的知識，如工业生产的配料、原料和成品的分析、农葯的配制等都离不开化学計算。

要进行化学計算，必須熟悉化学上一些基本概念。現在把这些知識简单扼要地叙述一下，以供讀者复习查考。

一 原子-分子論

化学这一門科学的理論基础是原子-分子論，这个理論的基本內容可以归納如下：

(1) 一切物質都由分子构成。分子是物質能够独立存在的最小微粒，它保持着这种物質的化学性質。

(2) 物質的分子是由更小的微粒原子組成的。原子就

是在化学变化里不能再分的最小微粒。

(3) 同种物質的分子或原子在質量、大小和其他性質上完全相同^①。

(4) 一切分子或原子都处在不断运动的状态中。

具有相同化学性質的同种原子叫做元素。一种元素在沒有和別种元素化合在一起(就是所謂游离状态)的时候,叫做单質。单質的分子是由同一种元素的原子組成的。几种元素化合在一起(就是所謂化合状态)的时候,組成化合物。化合物的分子是由不同种元素的原子組成的。

二 原子量和分子量

各种原子和分子的質量各不相同,但是它們都是极小极小的。

表示物質質量所采用的单位,通常都根据物質質量的大小而不同,質量大的采用大单位,質量小的采用小单位。如大宗購煤时一般用“吨”来表示,家庭买米面时用“斤”来表示,實驗室称量藥品时用“克”来表示。如果實驗室称量藥品时用吨表示,就很不相称,因为单位太大。

一个原子或分子的質量既然是极小极小的,不要說用吨、用斤,就是用克来表示,也显得不方便。例如:1个氧原

^① 这一点严格說来并不正确,同种原子也有不同的質量的,这叫同位素,但它們除了質量以及和質量有关的某些性質有差異之外,其他的性質是相同的。同种分子因此也会有不同的質量。不过这些对于一般的化学計算不发生影响。參看第七章第三节。

子的質量是

0.000,000,000,000,000,000,026,608克,

1 个水分子的質量是

0.000,000,000,000,000,000,029,960克。

因此,在化学上常用一个极小极小的質量单位,来表示一个原子或一个分子的質量。这种单位叫做“氧单位”。

1 个氧单位,就是 1 个氧原子質量的 1/16。如果用克来表示,

1 氧单位=0.000,000,000,000,000,000,001,663克,
反过来,

1 克=602,000,000,000,000,000,000,000氧单位。

用氧单位来表示的某一种元素 1 个原子的質量,叫做这种元素的原子量。

1 个氧单位既然是 1 个氧原子質量的 1/16, 所以 1 个氧原子的質量就是 16 氧单位,或者说氧的原子量是 16 氧单位。

在一般情况下元素的原子量只說出氧单位数,省去“氧单位”三字。例如說氢的原子量是 1.008, 氯的原子量是 85.457 等。

用氧单位来表示的某一种物質 1 个分子的質量,叫做这种物質的分子量。

我們从原子-分子論知道,分子是由原子組成的,所以分子量就等于組成这个分子的各个原子的原子量的总和。例如一个水分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子組成的。已

經知道 1 个氢原子的質量是 1.008 氧单位, 2 个氢原子的質量就是

$$1.008 \text{ 氧单位} \times 2 = 2.016 \text{ 氧单位};$$

1 个氧原子的質量是 16 氧单位, 所以 1 个水分子的質量也就是水的分子量是

$$2.016 \text{ 氧单位} + 16 \text{ 氧单位} = 18.016 \text{ 氧单位}。$$

在进行化学計算时, 原子量常用 A 来代表, 分子量常用 M 来代表。

元素的原子量不必一一記住, 可由書中原子量表查知。但有几种常用的原子量應該記住約数, 如氢 1, 碳 12, 氧 16, 硫 32, 氮 35.5, 鈉 23, 銅 64, 鋅 65, 这样作化学計算时可节省時間。本書的附录十二有常用的原子量表。

三 化学基本定律

化学上有两条重要的基本定律: 物質不灭定律和定組成定律。

物質不灭定律可以这样叙述: 参加化学变化的各种物質的总質量, 一定等于变化后生成的各种物質的总質量。在化学变化里物質的总質量不变, 是因为原子在化学变化里既沒有消失, 也沒有产生的緣故。

定組成定律可以这样叙述: 任何純淨的化合物在質的方面和量的方面都有固定的組成, 不管它是用什么方法製取的。所謂質的方面是指組成这一化合物的元素的种类, 所謂量的方面是指組成这一化合物的元素之間的質量关

系。化合物之所以具有固定的組成，是因為每一種化合物的分子都由一定種類元素的一定數目的原子組成，而每一種元素的原子又具有一定的原子量。

組成分子的每一種元素的原子都有一定的數目，這就是說任何元素的一個原子不能跟隨便多少個另一種元素的原子相化合，而只能跟一定數目的另一種元素的原子相化合。例如在水分子里，1個氧原子只能跟2個氫原子相化合，在碳酸氣（二氧化碳）的分子里，一個碳原子只能跟2個氧原子相化合。一種元素的原子跟一定數目的其他元素的原子化合的性質，叫做這種元素的化合價。通常把氫原子的化合價定做化合價的單位，因此在水中氧的化合價是2，在碳酸氣中碳的化合價是 $2 \times 2 = 4$ 。

物質不滅定律和定組成定律是許多化學計算所以能夠進行的根據。例如把1克銅粉放在坩堝里在空氣里加強熱以後，生成1.25克的氧化銅，那麼根據物質不滅定律，跟銅化合的氧氣的質量就是

$$1.25 \text{ 克} - 1 \text{ 克} = 0.25 \text{ 克。}$$

又如分析一小塊純淨的硫酸銅，知道它含銅40%，那麼從100克純淨硫酸銅里能夠提煉出來的銅一定是40克，這就是根據定組成定律推算出來的。

四 元素符號和分子式

在化學上，各種元素的原子都用特殊的符號來代表。每種元素的符號通常就是它的拉丁文名稱的第一個字母，

或者另外再附加一个字母。例如氢的符号是H,氧的符号是O,碳的符号是C,铜的符号是Cu。元素符号一般具有下面几种意义:

- (1)代表一种元素,
- (2)代表这种元素的一个原子,
- (3)代表这种元素的原子量。

用元素符号来表明物质分子的组成的式子叫做分子式。方法是把组成这种分子的元素符号并列在一起,在每一个元素符号的右下方写一个小的数字来表明那种元素的原子数目(如果是1就不写)。例如水的分子式是 H_2O ,氧化铜的分子式是 CuO 。单质也有分子式,如氧的分子式是 O_2 ,氢的分子式是 H_2 ,铜的分子式就是它的元素符号Cu,因为一个铜分子里只含一个原子。分子式一般具有下面几种意义:

- (1)代表物质的一个分子,
- (2)表明组成物质的各种元素,
- (3)表明在物质的一个分子里各种元素的原子数,
- (4)表明组成物质的各种元素的质量比,
- (5)表明物质的分子量。

我们说分子式表明物质的分子量,因为知道了物质的分子式,也就知道组成这个分子的各种元素的原子数,只要查出各种元素的原子量,就可以算出这些原子的原子量总和。在计算时可以采取下面的步骤和形式:

例 计算硫酸的分子量。

解 第一步写出分子式:



第二步用各元素的

$$2\text{H} \quad 2 \times 1 = 2$$

原子量分别

$$\text{S} \quad 1 \times 32 = 32$$

乘原子个数:

$$4\text{O} \quad 4 \times 16 = 64$$

第三步把它们相加:

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98$$

答 硫酸的分子量是 98。

这里 $M_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ 代表硫酸的分子量。实际计算时说明各个步骤的字句可以不必写出,只要照虚线右边那样写就可以了。

五 根据化合价写分子式

各种物质的分子式,是通过实验的方法知道了这种物质的组成,然后得出来的。例如前面所举的硫酸的分子式是 H_2SO_4 , 因为根据实际分析,已经知道硫酸是由氢、硫、氧三种元素化合成的,还知道一个硫酸分子里含有 2 个原子氢, 1 个原子硫, 4 个原子氧。

不过,假如我们知道某种化合物里含有哪些元素,还知道这些元素的化合价,也可以根据化合价算出这些元素化合时的原子个数的比,因而可以写出这种化合物的分子式来。这个方法在一些简单的化合物,特别是由两种元素化合成的化合物(叫做二元化合物)的情形,应用起来很简便,因此我们记住了某些元素的化合价,就不必一一去记住它们化合物的分子式了。

① 如果某种元素只有一个原子,也可以直接写出原子量,象现在这个例子就只要写“ $\text{S}=32$ ”,可以省去“ 1×32 ”几个字。

根据化合价的定义，我們很容易看出，在二元化合物里，一种元素所有原子的化合价总数（一种元素的化合价×原子数）一定等于另一种元素所有原子的化合价总数（另一种元素的化合价×原子数）。例如在水 H_2O 的分子里，氢的化合价总数是

$$1(\text{氢的化合价}) \times 2(\text{氢原子数}) = 2,$$

氧的化合价总数是

$$2(\text{氧的化合价}) \times 1(\text{氧原子数}) = 2,$$

这两个化合价总数是相等的。又如在氧化铝 Al_2O_3 的分子里，铝的化合价总数是

$$3(\text{铝的化合价}) \times 2(\text{铝原子数}) = 6,$$

氧的化合价总数是

$$2(\text{氧的化合价}) \times 3(\text{氧原子数}) = 6,$$

这两个化合价总数也是相等的。

就是按照这一个关系，可以根据化合价来写出二元化合物的分子式。仍用氧化铝做例：

例1 假定我們知道铝和氧的化合价，却不知道氧化铝的分子式，根据化合价写出这个分子式来。

解 第一步写出两种元素的符号： $\text{Al} \quad \text{O}$

第二步标出它们的化合价： $3 \quad 2$

第三步算出它们的最小公倍数： 6

第四步用化合价除最小公倍数： $\frac{6}{3} \quad \frac{6}{2}$

这样算出它们的原子个数： $2 \quad 3$

最后就可以写出氧化铝分子式： Al_2O_3

实际計算时可以簡化成这样:

	Al	O
化 合 价:	3	2
最小公倍数:		6
原 子 数:	$\frac{6}{3} = 2$	$\frac{6}{2} = 3$
分 子 式:	$\text{Al}_2 \text{O}_3$	

答 氧化铝的分子式是 Al_2O_3 。

如果是三元或更多元的化合物,往往里面有几个原子結合成原子团,这些整个的原子团有一定的化合价,例如在硫酸里,1个硫原子和4个氧原子結合成 SO_4 原子团(叫做硫酸根),它的化合价是2,因此它和氢結合成硫酸时,一定是1个 SO_4 原子团和2个氢原子結合,硫酸的分子式就是 H_2SO_4 。用同样的方法可以計算出硫酸铝的分子式,应该是 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

应用这个方法要注意的一点,就是有些元素在不同的化合物里的化合价是不同的,这样的化合价叫可变化价。要写这些元素的化合物的分子式时,一定要确定它在这种化合物里是几价。例如在氧化亚铁和氧化铁里,铁的化合价分别是2和3,因此它們的分子式分别是 FeO 和 Fe_2O_3 。

这里我們还可以連系到化合价的正負問題。經過許多科学家研究,知道在化合物里元素或原子团的化合价,可以分做正价和負价。一般說,氢、金屬元素、銨根是正价,氧和其他非金屬元素、酸根是負价。在二元化合物里,一种元素是正价,另一种元素是負价。既然它們的化合价总数相等,