

溶液浓度变换速算法

• 附 难 题 解 答 •

RONGYENONGDU
BIANHUAN
SUSUANFA

天津科学技术出版社

JY1/166/14

溶液浓度变换速算法

(附难题解答)

杨 湘 庆

天津科学技术出版社

溶液浓度变换速算法

(附难题解答)

杨 湘 庆

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷一厂印刷

天津市新华书店发行

*

开本 787×1092毫米 1/32 印张 7 3/4 字数 164,000

一九八一年二月第一版

一九八一年二月第一次印刷

印数: 1—25,000

统一书号: 15212·20 定价: 0.73元

前 言

溶液浓度变换速算法（又名双三角图解法），包括溶液浓度单位的变换和溶液浓度大小的变换。用速算法能对八种常用溶液浓度变换进行速算；也能快速、准确地配制溶液，尤其适用于配制特殊浓度的标准溶液并达到容量分析的要求。

为了帮助读者更好地运用这种速算法，书中选用了很多例题，对于难题力求一题两种解法。

溶液浓度变换速算法曾在部分大、中学生中试用，结果表明，即使基础较差的学生经过学习也可以掌握。天津地毯一厂自一九七五年起一直在用双三角图解法配制工业溶液和标准溶液，收效甚好。

本书根据笔者对天津部分中学教师讲授的讲稿和有关专业学会及一九七八年化学学会年会的讲稿修改整理而成。它可作为工厂企业技术员、化验员和配料人员、中学教师、大、中学生的参考书。

在本书的编写过程中，得到天津市科学技术协会有关专业学会特别是化学学会领导的支持和帮助。天津大学冯慈珍教授和天津市化学学会副理事长朱翰云同志对全书进行了审阅。特此表示感谢。

由于编者水平所限，书中还会有不少缺点错误，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 溶液浓度与浓度变换	1—42
第一节 基本概念	1
第二节 溶液的浓度	6
第三节 溶液浓度的换算	15
本章应用符号一览表	41
第二章 速算法原理	43—100
第一节 双三角图解法的理论探讨	43
第二节 双三角图解法	55
本章应用符号一览表	98
第三章 快速准确配溶液	101—123
第一节 快速准确配工业溶液	101
第二节 快速准确配标准溶液	109
第四章 综合性例题	124—226
第一节 重量百分比浓度	124
第二节 其他重量浓度	187
第三节 摩尔分数	201
第四节 体积浓度	206
附 录 稀溶液进一步冲稀时引起的体积变化	227—242

第一章 溶液浓度与浓度变换

第一节 基本概念

一、摩尔、摩尔质量和摩尔数

1. 摩尔和摩尔质量

摩尔是国际单位制的第七个基本单位。由实验测定：

1 摩尔任何物质，均含有结构微粒 6.02252×10^{23} 个。1 摩尔分子含有 6.02252×10^{23} 个分子；1 摩尔原子含有 6.02252×10^{23} 个原子。

1 摩尔物质的质量叫摩尔质量，以 $\tilde{M}$ 代表之，常用单位为克/摩尔。

1 摩尔的分子，它的质量以克为单位，其数值等于其分子量，因此，摩尔质量一般求法如下：

以 H_2SO_4 为例

已知硫酸 (H_2SO_4) 的分子量为 98.08

则 1 摩尔 H_2SO_4 的质量为 98.08 克

即

$$\tilde{M}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98.08 \text{ 克/摩尔}$$

2. 摩尔数 n

若已知物质的克数为 W ，摩尔质量为 $\tilde{M}$ ，

则 物质的摩尔数 n 为：

$$n = \frac{W}{\tilde{M}} \quad (1.1)$$

〔例一〕 求4.904克硫酸的摩尔数。

解：已知

$$W = 4.904 \text{ 克},$$

$$\tilde{M} = 98.08 \text{ 克/摩尔}.$$

∴ 硫酸的摩尔数 n 为：

$$n = \frac{W}{\tilde{M}} = \frac{4.904 \text{ 克}}{98.08 \text{ 克/摩尔}} = 0.05000 \text{ 摩尔}$$

二、当量、克当量和克当量数

1. 当量

物质相互作用，彼此相当的量叫当量。

例如：22.99克钠、8.000克氧、35.45克氯、39.78克氧化铜分别与氢完全反应，均需消耗1.008克氢（氢的当量为1.008），所以，钠的当量为22.99；氧的当量为8.000；氯的当量为35.45；氧化铜的当量为39.78。

再如：36.46克盐酸、49.04克硫酸、32.67克磷酸分别与足量的活泼金属完全反应，均生成1.008克氢，所以，盐酸的当量为36.46；硫酸的当量为49.04；磷酸的当量为32.67。

因此，任何物质的当量，等于消耗或提供1.008份重量的氢（或相当于1.008份重量的氢）的物质的重量。

2. 克当量

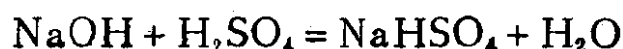
一定量的物质，其重量以克为单位，在数值上等于其当量，则此一定量的物质叫做该物质的一个克当量。

例如：氢的当量为1.008，1克当量的氢等于1.008克的氢，或1克当量的氢重1.008克；盐酸的当量为36.46，1克当量的盐酸等于36.46克盐酸，或1克当量的盐酸重36.46克。

任何物质的当量和克当量均根据具体的化学反应而定。

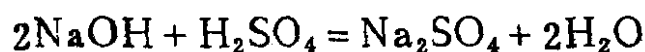
对于酸、碱、盐之间的互换反应，举例说明如下：

酸 + 碱 = 盐 + 水



40.00 98.08

对上反应：1 克当量的NaOH重40.00克，1 克当量的H₂SO₄重98.08克。

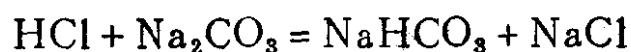


2 × 40.00 98.08

对上反应：1 克当量NaOH重40.00克，1 克当量H₂SO₄重49.04克。

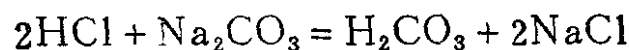
酸 + 盐 = 新酸 + 新盐

(下列新酸指酸式盐)

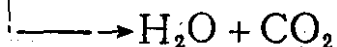


36.46 106.0

对上反应：1 克当量HCl重36.46克，1 克当量Na₂CO₃重106.0克。



2 × 36.46 106.0



对上反应：1 克当量HCl重36.46克，1 克当量Na₂CO₃重53.0克。

酸、碱、盐的当量的一般计算式如下：

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{酸的分子量}}{\text{酸分子中参加反应的氢原子数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{碱的分子量}}{\text{碱分子中参加反应的〔OH〕原子团数}}$$

盐的当量

盐的分子量

对氧化还原反应，氧化剂或还原剂的当量的一般计算式

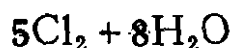
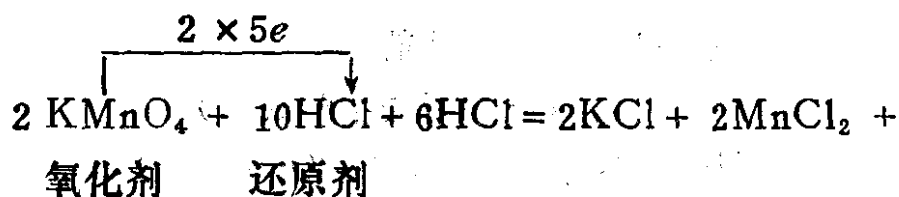
为:

$$\text{氧化剂的当量} = \frac{\text{氧化剂的分子量}}{\text{氧化剂分子在反应中获得的电子数}}$$

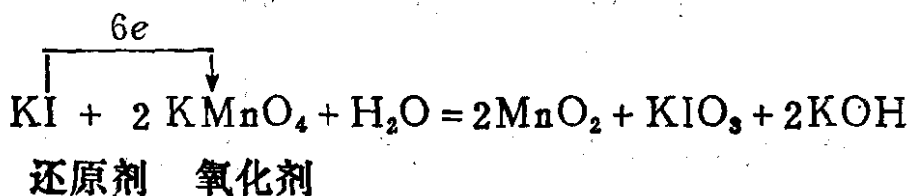
$$\text{还原剂的当量} = \frac{\text{还原剂的分子量}}{\text{还原剂分子在反应中丢失的电子数}}$$

氧化剂和还原剂的当量均决定于氧化还原反应。

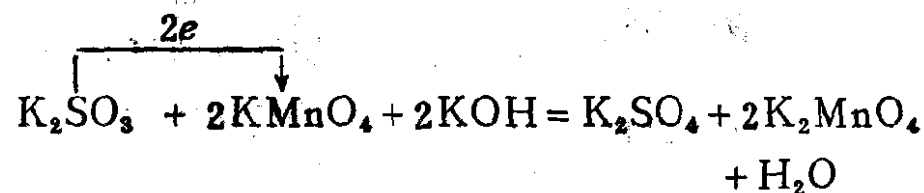
例如:



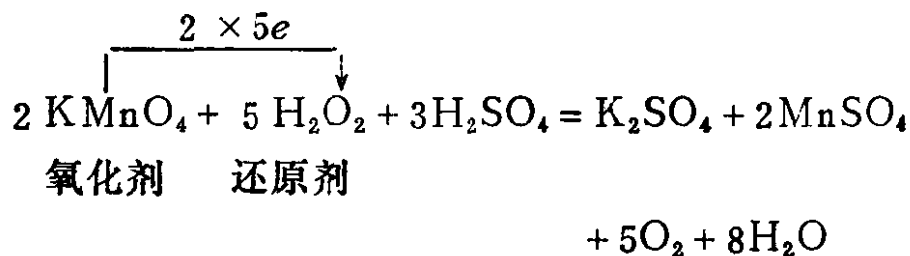
$$\text{KMnO}_4\text{的当量} = \frac{\text{KMnO}_4\text{的分子量}}{5} = 31.608$$



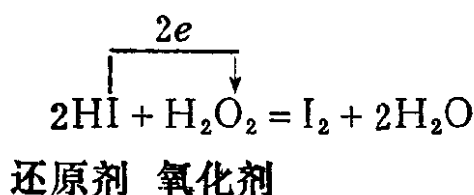
$$\text{KMnO}_4\text{的当量} = \frac{\text{KMnO}_4\text{的分子量}}{3} = 52.68$$



$$\text{KMnO}_4\text{的当量} = \frac{\text{KMnO}_4\text{的分子量}}{1} = 158.04$$



$$\text{H}_2\text{O}_2\text{的当量} = \frac{\text{H}_2\text{O}_2\text{的分子量}}{2}$$



$$\text{H}_2\text{O}_2\text{的当量} = \frac{\text{H}_2\text{O}_2\text{的分子量}}{2}$$

由此可见，氧化剂和还原剂的当量由氧化还原反应决定。

3. 克当量数 E

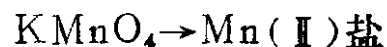
设 W 为物质的克数， ϵ 为一克当量物质的克数（克/克当量）。

则 物质的克当量数 E 为：

$$E = \frac{W}{\epsilon} \quad (1.2)$$

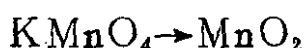
物质的克当量数也决定于化学反应。例如：31.608 克 KMnO_4 对于不同的反应，其克当量数不同。

在酸性介质中：



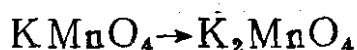
$$E = \frac{W}{\epsilon} = \frac{31.608 \text{ 克}}{31.608 \text{ 克/克当量}} = 1.000 \text{ 克当量}$$

在中性、弱碱性或弱酸性介质中：



$$E = \frac{W}{\epsilon} = \frac{31.608 \text{ 克}}{52.68 \text{ 克/克当量}} = 0.600 \text{ 克当量}$$

在碱性介质中：



$$E = \frac{W}{\epsilon} = \frac{31.608 \text{ 克}}{158.04 \text{ 克/克当量}} = 0.200 \text{ 克当量}$$

第二节 溶液的浓度

在一定量的溶液中所含溶质的量叫溶液的浓度。

下面就几种常用浓度作一简要介绍。

一、重量百分比浓度C%

重量百分比浓度指100份重量的溶液中溶质的重量。

设 C%为溶液的重量百分比浓度； W_1 为溶质的重量， W_2 为溶剂的重量； W_{1+2} 为溶液的重量。

则

$$C\% = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \times 100\% = \frac{W_1}{W_{1+2}} \times 100\% \quad (1.3)$$

〔例二〕 20℃时131.5克硝酸钾饱和溶液中含有硝酸钾 (KNO_3) 31.5克，求20℃硝酸钾饱和溶液的重量百分比浓度。

解：已知：

$$W_1 = 31.5 \text{克}; W_{1+2} = 131.5 \text{克}。$$

故

$$C\% = \frac{W_1}{W_{1+2}} = \frac{31.5 \text{克}}{131.5 \text{克}} \times 100\% = 24.0\%$$

二、摩尔浓度 C_M

摩尔浓度指一升溶液中所含溶质的摩尔数。

即

$$\text{摩尔浓度} = \frac{\text{溶质的摩尔数}}{\text{溶液的升数}} = \frac{\text{溶质的摩尔数}}{1 \text{升溶液}}$$

设 W_1 为溶质的克数； $\tilde{M}$ 为 1 摩尔溶质的克数； V 为溶液的升数； C_M 为溶液的摩尔浓度； n 为溶质的摩尔数。

$$\text{则 } n = \frac{W_1}{\tilde{M}}$$

$$C_M = \frac{n}{V} = \frac{W_1}{\tilde{M}V} \quad (1.4)$$

摩尔浓度的常用单位为摩尔/升或毫摩尔/毫升，代表符号为 M ，如

$$1 M = 1 \text{摩尔/升}, 2 M = 2 \text{摩尔/升}。$$

例如：20.00毫升硫酸溶液中含有纯 H_2SO_4 2.279克，求溶液的摩尔浓度 C_M 。

解：

$$\begin{aligned} C_M &= \frac{W}{\tilde{M}V} = \frac{2.279 \text{克}}{98.08 \text{克/摩尔} \times 0.02000 \text{升}} \\ &= 1.162 \text{摩尔/升} \end{aligned}$$

三、克当量浓度 C_N

克当量浓度指一升溶液中所含溶质的克当量数。

即

$$\text{克当量浓度} = \frac{\text{溶质的克当量数}}{\text{溶液的升数}} = \frac{\text{溶质的克当量数}}{1 \text{ 升溶液}}$$

设： W_1 为溶质的克数； e 为1克当量溶质的克数； V 为溶液的升数； C_N 为克当量浓度； E 为溶质的克当量数。

则

$$E = \frac{W_1}{e}$$

$$C_N = \frac{E}{V} = \frac{W_1}{eV} \quad (1.5)$$

克当量浓度的常用单位为克当量/升、毫克当量/毫升，代表符号为 N ，如

$1 N = 1$ 克当量/升， $2 N = 2$ 克当量/升。

〔例三〕 取4.64摩尔 H_2SO_4 配成4.16升溶液，求此溶液的克当量浓度 C_N 。

解：已知 H_2SO_4 的摩尔质量 $\tilde{M}$ 为：

$$\tilde{M}_{H_2SO_4} = 98.08 \text{ 克/摩尔}$$

1 克当量 H_2SO_4 的克数 e 为：

$$e_{H_2SO_4} = 49.04 \text{ 克/克当量}$$

令 1 摩尔溶质的克当量数 r 为：

$$r = \frac{\tilde{M}}{e}$$

则 对 H_2SO_4 ：

$$r = \frac{\tilde{M}}{e} = \frac{98.08 \text{ 克/摩尔}}{49.04 \text{ 克/克当量}} = 2 \text{ 克当量/摩尔}$$

$$\therefore C_N = \frac{E}{V} = \frac{rn}{V} = \frac{2 \text{ 克当量/摩尔} \times 4.64 \text{ 摩尔}}{4.16 \text{ 升}}$$

$$= 2.23 \text{ 克当量/升}$$

四、体积克浓度C

体积克浓度指一升溶液中含有溶质的克数。

即

$$\text{体积克浓度} = \frac{\text{溶质的克数}}{\text{溶液的升数}} = \frac{\text{溶质的克数}}{1 \text{ 升溶液}}$$

设 W_1 为溶质的克数； V 为溶液的升数。

则 溶液的体积克浓度 C 为：

$$C = \frac{W_1}{V} \quad (1.6)$$

体积克浓度是工、农业生产中常用的浓度，它的特点是配制方便、计算方便、使用方便。

〔例四〕 在刻度配液槽中，将4.0公斤90%的NaOH配成1000升溶液，求溶液的体积克浓度。

解：溶液的体积克浓度 C 为：

$$\begin{aligned} C &= \frac{W_1}{V} = \frac{4.0 \text{ 公斤} \times 1000 \text{ 克/公斤} \times 90\%}{1000 \text{ 升}} \\ &= 3.6 \text{ 克/升} \end{aligned}$$

〔例五〕 要配2400升有效氯浓度为5.00克/升的次氯酸钠溶液，需有效氯浓度为100克/升的次氯酸钠原液（浓溶液）多少升？

解：设 C_1 为浓溶液的浓度， $C_1 = 100 \text{ 克/升}$ ； C_2 为稀溶液的浓度， $C_2 = 5.00 \text{ 克/升}$ ； V_1 为浓溶液的体积（升）； V_2 为稀溶液的体积（升）。

则 溶质的克数 W_1 为：

$$W_1 = C_1 V_1 = 100 \text{ 克/升} \times V_1$$

冲稀后溶液的体积克浓度 C_2 为:

$$C_2 = \frac{W_1}{V_2}$$

把已知数代入上式得:

$$5.00 \text{ 克/升} = \frac{100 \text{ 克/升} \times V_1}{2400 \text{ 升}}$$

解之

$$V_1 = 120 \text{ 升}$$

〔例六〕 把浓度为12.2578克/升的 $K_2Cr_2O_7$ 溶液1000毫升和浓度为6.0000克/升的 $K_2Cr_2O_7$ 溶液6128.9毫升相混合,求混合溶液的最后体积克浓度。

解: 设 C_1 为浓溶液的浓度(克/升); C_2 为稀溶液的浓度(克/升); C 为混合溶液的浓度(克/升); V_1 为浓溶液的体积(升); V_2 为稀溶液的体积(升)。

则 溶质的总克数 W_1 为:

$$\begin{aligned} W_1 &= C_1 V_1 + C_2 V_2 \\ &= 12.2578 \text{ 克/升} \times 1.000 \text{ 升} + 6.0000 \text{ 克/升} \times 6.1289 \text{ 升} \\ &= 12.2578 \text{ 克} + 36.7734 \text{ 克} = 49.0312 \text{ 克} \end{aligned}$$

溶液的总体积 V 为:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 \text{ (设其体积有加和性)} \\ &= 1.000 \text{ 升} + 6.1289 \text{ 升} = 7.1289 \text{ 升} \end{aligned}$$

故 混合溶液的体积克浓度 C 为:

$$C = \frac{W_1}{V} = \frac{49.0312 \text{ 克}}{7.1289 \text{ 升}} = 6.8778 \text{ 克/升}$$

五、重量摩尔浓度 C_m

一千克溶剂中,溶解溶质的摩尔数就是溶液的重量摩尔

浓度。

重量摩尔浓度的数值与温度无关，因此在物理化学、化学热力学和电化学中经常引用这种浓度。

设 n 为溶质的摩尔数（摩尔）； W_0 为溶剂的千克数（千克）； C_m 为重量摩尔浓度。

则

$$C_m = \frac{n}{W_0} \quad (1.7)$$

重量摩尔浓度的常用单位为摩尔/千克溶剂或摩尔/千克水。简记为 m 。

〔例七〕 在100克水中溶解7.30克HCl气体，求溶液的重量摩尔浓度。

解：

$$W_0 = 100 \text{ 克水} \times \frac{1 \text{ 千克水}}{1000 \text{ 克水}} = 0.100 \text{ 千克水}$$

$$n = 7.30 \text{ 克} \times \frac{1 \text{ 摩尔}}{36.5 \text{ 克}} = 0.200 \text{ 摩尔}$$

故

$$C_m = \frac{n}{W_0} = \frac{0.200 \text{ 摩尔}}{0.100 \text{ 千克水}} = 2.00 \text{ 摩尔/千克水}$$

〔例八〕 求10.0%甲醇溶液的重量摩尔浓度。

解：一般溶液都是指水溶液，取甲醇水溶液100克，则

$$W_0 = 90.0 \text{ 克水} \times \frac{1 \text{ 千克水}}{1000 \text{ 克水}} = 0.0900 \text{ 千克水}$$

$$n = 10.0 \text{ 克} \times \frac{1 \text{ 摩尔}}{32.0 \text{ 克}} = 0.313 \text{ 摩尔}$$

故

$$C_m = \frac{0.313 \text{ 摩尔}}{0.0900 \text{ 千克水}} = 3.48 \text{ 摩尔/千克水}$$

六、重量克当量浓度 C_n

一千克溶剂中溶解溶质的克当量数就是溶液的重量克当量浓度。它的最大优点是其数值与温度无关。

设 E 为溶质的克当量数； W_0 为溶剂的千克数； C_n 为溶液的重量克当量浓度。

则

$$C_n = \frac{E}{W_0} \quad (1.8)$$

重量克当量浓度的常用单位为克当量/千克溶剂或克当量/千克水。

〔例九〕 在100克水中溶解4.48升（标准状况）HCl气体，求溶液的重量克当量浓度。

解：在标准状态下，4.48升HCl气体所相当的摩尔数 n 为：

$$n = 4.48 \text{ 升} \times \frac{1 \text{ 摩尔}}{22.4 \text{ 升}} = 0.200 \text{ 摩尔}$$

对HCl而言，一摩尔HCl所相当的克当量数 r 为：

$$r = \frac{\tilde{M}}{\epsilon} = \frac{36.46 \text{ 克/摩尔}}{36.46 \text{ 克/克当量}} = 1 \text{ 克当量/摩尔}$$

溶质的克当量数 E 为：

$$E = rn = 1 \text{ 克当量/摩尔} \times 0.200 \text{ 摩尔} = 0.200 \text{ 克当量}$$

故 溶液的重量克当量浓度 C_n 为：