

医用基础化学

上海第一、第二医学院合编

一九七三年十二月

(18-7307-4)

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

改革旧的教育制度，改革旧的教学方针和方法，是这场无产阶级文化大革命的一个极其重要的任务。

自然科学是人们争取自由的一种武装。

把医疗卫生工作的重点放到农村去。

说 明

遵循伟大领袖毛主席关于“**教材要彻底改革**”的教导，在工农兵学员和有关单位的大力支持下，我们试编了这份教材。本教材是在前一册《化学》学习的基础上，进一步介绍有机化合物的基本知识以及某些与医学关系较为密切的化学内容，是作为医学、儿科、卫生这三个系的一门基础课程。口腔系则根据专业需要也可选择使用。

教材中有部分内容系采用小字印刷的，可按教学的具体情况决定取舍，或可作为阅读材料供学员参考使用。

编写无产阶级新教材，是无产阶级教育革命的重要组成部分，是一项新工作。由于我们的水平有限，在教材中一定存在着许多缺点和错误，希望广大工农兵和革命师生提出意见和批评，以便进一步修改。

上海第一、第二医学院化学教研组

1973 年 12 月

目 录

第一章 毫克百分浓度和毫克当量

浓度..... 1

毫克百分浓度..... 1

当量的概念..... 1

酸、碱、盐的当量..... 2

离子的当量..... 2

克当量和毫克当量..... 3

克当量数和毫克当量数..... 4

当量浓度和当量定律..... 5

当量浓度..... 5

当量定律..... 7

毫克当量浓度..... 8

第二章 溶液的酸碱性和缓冲作用.....13

溶液的酸性.....13

水的电离和水溶液的酸性.....13

氢离子浓度和 pH 值.....14

酸碱指示剂.....16

盐类水溶液的酸性.....17

缓冲作用.....19

缓冲溶液的概念.....19

缓冲溶液的组成.....20

缓冲溶液的作用原理.....20

缓冲作用在医学上的意义.....22

缓冲溶液 pH 值 计算公式的推

导和使用.....23

第三章 溶液的渗透压.....26

渗透现象和渗透压.....26

溶液的渗透压与溶液浓度的关系.....27

等渗、低渗和高渗溶液.....27

晶体渗透压和胶体渗透压.....30

第四章 烃——有机化合物的母体.....33

有机化合物的基本概念.....33

有机化合物的定义.....33

有机化合物的特点.....33

碳原子的特性.....34

链烃.....36

烃的概念和分类.....36

饱和链烃——烷烃.....36

不饱和链烃.....41

环烃.....42

脂环烃.....42

芳香烃.....43

第五章 烃的衍生物.....48

醇和酚.....48

醇的概念.....48

一元醇.....48

多元醇.....50

酚.....50

醛和酮.....52

醛的概念.....52

醛的化学性质.....53

个别醛.....54

酮.....55

羧酸.....55

一元羧酸.....56

多元羧酸.....58

羟基酸和酮酸.....58

芳香酸.....62

胺.....63

酰胺和尿素.....64

酰胺.....64

尿素.....66

第六章 糖..... 69

葡萄糖和果糖..... 69

葡萄糖..... 69

果糖..... 74

核糖和脱氧核糖..... 74

麦芽糖、蔗糖和乳糖..... 75

麦芽糖..... 75

蔗糖..... 75

乳糖..... 76

淀粉、糖元和纤维素..... 76

淀粉..... 76

糖元..... 77

纤维素..... 78

右旋糖酐和粘多糖..... 78

右旋糖酐..... 78

粘多糖..... 79

第七章 脂类..... 81

油脂..... 81

油脂的组成..... 81

油脂的性质..... 82

类脂..... 83

磷脂..... 83

固醇..... 84

第八章 蛋白质..... 88

蛋白质是生命的物质基础..... 88

蛋白质的分子组成和结构..... 88

蛋白质的分子量及组成元素..... 88

组成蛋白质的基本单位——氨基酸..... 88

蛋白质的分子结构..... 90

蛋白质的性质..... 92

两性电离和等电点..... 92

胶态性质..... 95

盐析..... 95

变性..... 96

缩二脲反应..... 96

蛋白质的分类..... 97

核蛋白和核酸..... 97

血红蛋白和血红素..... 99

人工合成蛋白质的重要意义..... 100

第九章 中草药的有效成分..... 102

一般概念..... 102

挥发油..... 103

生物碱..... 104

甙..... 106

强心甙..... 106

黄酮甙..... 107

皂甙..... 107

附录一 不同 pH 值的缓冲溶液配制法..... 109

附录二 常见杂环的结构和名称..... 111

附录三 组成蛋白质的常见氨基酸..... 113

第一章 毫克百分浓度和毫克当量浓度

学习要求:

1. 掌握毫克百分浓度的计算。
2. 掌握酸、碱、盐及离子当量的计算。
3. 熟悉当量浓度和当量定律以及有关的计算。
4. 掌握毫克当量浓度的计算以及毫克当量浓度与毫克百分浓度的换算。

人体的体液如血液、淋巴液、组织液、胆汁、脑脊液等都是一些复杂的溶液，其中含有盐类、糖、蛋白质、脂类等。它们在体液中都有一定的含量，这对维持正常生理机能起着重要的作用。临床上，化验体液中某种物质的含量能帮助我们诊断疾病。

溶液的浓度是指在一定量的溶液中所含溶质的量。溶液的浓度有许多表示方法，除比例浓度、百分浓度、克分子浓度外，在表示体液中所含的微量物质时，则常用毫克百分浓度和毫克当量浓度。

毫克百分浓度

毫克百分浓度是指 100 毫升 (ml) 体液中含某一物质的毫克数，用 mg% 表示。例如，每 100 ml 血液中含葡萄糖 110 mg，即血糖浓度为 110 mg%。

通常人体体液中各种物质的含量都有一定的范围。如：

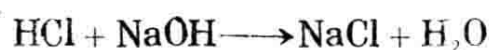
血液中葡萄糖的含量为 80—120 mg%。

血清中钙的含量为 8—11 mg%。

因蛋白质在体液中的含量较高，所以，仍用百分浓度 (g/ml) 来表示。如血清中白蛋白约为 4—5 g%；球蛋白约为 2—3 g%。

当量的概念

在化学反应中，各反应物之间是按一定的分子数和一定的重量关系相互起反应的。如在下列中和反应中：

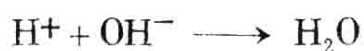


1 分子的 HCl 恰好中和 1 分子的 NaOH，如果从它们的重量关系来看，则 36.5 个碳单位的 HCl 恰好中和 40 个碳单位的 NaOH。也就是说，两种物质互相完全作用时，两种物质的重量之间存在着一定的相当的关系。正如恩格斯所指出的“一种形式的一定量的运动，总是有另一形式的确定不移的一定量的运动与之相当”。因此，当量就是物质在完全作用时，彼此相当的重量。

在化学反应中，各物质的当量都有某一定的数值，如 HCl 的当量为 36.5；NaOH 的当量

为 40。那么，这些数值又是根据什么标准确定的呢？下面介绍常用的酸、碱、盐当量的计算。

酸、碱、盐的当量 由于中和反应的实质是酸中的 H^+ 和碱中的 OH^- 结合成水分子的过程，即



所以，1 分子能够电离出一个 H^+ 的酸必定与 1 分子能够电离出一个 OH^- 的碱完全作用。因此，在中和反应中，把相当于能供给出一个 H^+ 的酸的重量，称为酸的当量；把相当于能供给出一个 OH^- 的碱的重量，称为碱的当量。36.5 碳单位的 HCl 能供给出一个可被中和的 H^+ ，所以， HCl 的当量为 36.5；40 碳单位的 NaOH 能供给出一个可被中和的 OH^- ，所以， NaOH 的当量为 40。从上面不难看出，对于 1 分子中只能电离出一个 H^+ 的酸或 1 分子中只能电离出一个 OH^- 的碱，它们的当量就等于其分子量。

对于多元酸如 H_2SO_4 、 H_3PO_4 ，多元碱如 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等，当它们被完全中和时，它们的当量又是怎样计算呢？

如 1 分子 H_2SO_4 中有两个 H^+ 可被中和，已知 H_2SO_4 的分子量为 98，因此，相当于供给出一个 H^+ 的 H_2SO_4 的重量，即 H_2SO_4 的当量为 $98/2 = 49$ ， H_2SO_4 的当量等于它的分子量的 $1/2$ 。

又如 1 分子 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 中有三个 OH^- 可被中和，已知 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的分子量为 78，因此，相当于供给出一个 OH^- 的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的重量，即 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的当量为 $78/3 = 26$ ，也即 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的当量等于它的分子量的 $1/3$ 。

由此可见，对于酸、碱中和反应来说，酸的当量为酸的分子量除以酸分子中被中和的 H^+ 数；碱的当量为碱的分子量除以碱分子中被中和的 OH^- 数。它们可分别用下列通式表示：

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{分子量}}{\text{酸分子中被中和的 } \text{H}^+ \text{ 数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{分子量}}{\text{碱分子中被中和的 } \text{OH}^- \text{ 数}}$$

盐的当量又怎样计算呢？因为盐是酸、碱中和的产物。盐的分子可以看作是酸中的 H^+ 被碱中的金属离子取代的结果。因此，盐分子中金属离子的总价数必然等于酸中被取代的 H^+ 数，所以，盐的当量就可以按分子中含有金属离子总价数来计算，即

$$\text{盐的当量} = \frac{\text{分子量}}{\text{金属离子的总价数 (金属离子价数} \times \text{金属离子个数)}}$$

如 NaCl 中含有 1 价的 Na^+ ，即金属离子的总价数为 $1 \times 1 = 1$ ，所以， NaCl 的当量就等于它的分子量。又如， $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 的当量就可按其分子中含有两个 3 价的 Al^{3+} ，即金属离子的总价数为 $3 \times 2 = 6$ ，所以， $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 的当量为 $342/6 = 57$ 。

离子的当量 当我们分析离子和离子相互结合形成化合物的重量关系时，就可以看出离子和离子也是按照一定的相当的重量相互结合的。我们把某一个离子能与一个 1 价的阳离子

或一个 1 价的阴离子相结合的重量称为该离子的当量。

对一价离子来讲，如 NaCl 中的 Na^+ ，它与一个 1 价 Cl^- 即 35.5 个碳单位的 Cl^- 相结合的重量为 23 个碳单位，所以， Na^+ 的当量为 23，也即等于其原子量。

对两价离子来讲，如 CaCl_2 中的 Ca^{2+} ，它能与两个 Cl^- 相结合，因此，与一个 1 价 Cl^- 相结合的重量也就是 Ca^{2+} 的当量，只是 Ca 的原子量的 $1/2$ ，即 $40/2 = 20$ 。

对三价离子来讲，如 FeCl_3 中的 Fe^{3+} ，它能与三个 Cl^- 相结合，因此与一个 1 价 Cl^- 相结合的重量也就是 Fe^{3+} 的当量，只是 Fe 的原子量的 $1/3$ ，即 $55.9/3 = 18.6$ 。

由此可见，离子当量的计算就是将其原子量除以该离子的价数。计算公式如下：

$$\text{离子当量} = \frac{\text{原子量(或根中各原子量的总和)}}{\text{离子的价数}}$$

严格说来，上式中的原子量应为离子量，但由于电子质量极小，可忽略不计，因此在计算时，离子量可用原子量代替。

对于原子团离子（根）的当量计算，则上式中的原子量应为根中各原子量的总和。

例 1. 试计算 K^+ 、 Mg^{2+} 的当量

$$\text{解：K}^+ \text{ 的当量} = \frac{39.1}{1} = 39.1$$

$$\text{Mg}^{2+} \text{ 的当量} = \frac{24.3}{2} = 12.15$$

例 2. 试计算碳酸氢根 HCO_3^- 与硫酸根 SO_4^{2-} 的当量。

$$\text{解：HCO}_3^- \text{ 的当量} = \frac{61}{1} = 61$$

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ 的当量} = \frac{96}{2} = 48$$

克当量和毫克当量 物质的当量以克为单位的叫做克当量*。例如：

$$\text{HCl 的当量} = 36.5$$

$$\text{HCl 的克当量} = 36.5 \text{ 克}$$

$$\text{NaOH 的当量} = 40$$

$$\text{NaOH 的克当量} = 40 \text{ 克}$$

$$\text{NaHCO}_3 \text{ 的当量} = 84$$

$$\text{NaHCO}_3 \text{ 的克当量} = 84 \text{ 克}$$

$$\text{Na}^+ \text{ 的当量} = 23$$

$$\text{Na}^+ \text{ 的克当量} = 23 \text{ 克}$$

克当量的 $\frac{1}{1000}$ 就叫做毫克当量。毫克当量也常常简称为毫当量，其符号为 mEq 。例如：

$$\text{NaOH 的克当量} = 40 \text{ 克}$$

$$\text{NaOH 的毫克当量} = 0.04 \text{ 克} = 40 \text{ 毫克}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 的克当量} = 49 \text{ 克}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 的毫克当量} = 0.049 \text{ 克} = 49 \text{ 毫克}$$

$$\text{Na}^+ \text{ 的克当量} = 23 \text{ 克}$$

$$\text{Na}^+ \text{ 的毫克当量} = 0.023 \text{ 克} = 23 \text{ 毫克}$$

物质的克当量、毫克当量都和克分子一样是化学上的一种特殊重量单位。两者的关系可表示如下：

* 注意：“克当量”三个字读时不能分开，当表示一定数量的克当量时，在数字与克当量之间可以加“个”字，如 1 克当量的 HCl 也就是 1 个克当量的 HCl 。

$$1 \text{ 克当量} = 1000 \text{ 毫克当量} \quad \text{或} \quad 1 \text{ 毫克当量} = \frac{\text{克当量}}{1000}$$

克当量数和毫克当量数 化学上常用克当量为单位来表示物质的重量。例如

$$1 \text{ (个) 克当量的 HCl 即为 } 36.5 \text{ g} \times 1 = 36.5 \text{ g 的 HCl}$$

$$2 \text{ (个) 克当量的 HCl 即为 } 36.5 \text{ g} \times 2 = 73 \text{ g 的 HCl}$$

$$3 \text{ (个) 克当量的 NaOH 即为 } 40 \text{ g} \times 3 = 120 \text{ g 的 NaOH}$$

$$0.5 \text{ (个) 克当量的 NaOH 即为 } 40 \text{ g} \times 0.5 = 20 \text{ g 的 NaOH}$$

在克当量前的数目，如 1、2、3、0.5 等叫做克当量数。从上面的例子可得出以下关系：

$$\text{物质的克当量} \times \text{物质的克当量数} = \text{物质的重量(克)}$$

$$\text{即 物质的克当量数} = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{物质的克当量(克)}}$$

由于物质的克当量是个已知数，所以，只要知道物质的克数，就可以求出物质的克当量数；或者，知道物质的克当量数也可以求出物质的克数。

例 1. 4 克 NaOH 是多少个克当量？

解：先求 NaOH 的克当量，然后将题中的克数换算成克当量数。

$$\text{NaOH 的克当量} = \frac{\text{克分子量(克)}}{\text{NaOH 中被中和的 OH}^- \text{ 数}} = \frac{40}{1} = 40 \text{ (克)}$$

$$4 \text{ 克 NaOH 的克当量数} = \frac{4 \text{ (克)}}{40 \text{ (克)}} = 0.1$$

答：4 克 NaOH 是 0.1(个)克当量。

例 2. 0.5 克当量的 H_2SO_4 是多少克 H_2SO_4 ？

解：先求 H_2SO_4 的克当量，然后将题中的克当量数换算成克数。

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 的克当量} = \frac{\text{克分子量(克)}}{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 中被中和的 H}^+ \text{ 数}} = \frac{98}{2} = 49 \text{ (克)}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 的重量} = 49 \text{ 克} \times 0.5 = 24.5 \text{ 克}$$

答：0.5 克当量的 H_2SO_4 重 24.5 克。

与克当量数相似，毫克当量数可用下式计算：

$$\text{物质的毫克当量数} = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{物质的毫克当量(克)}} = \frac{\text{物质的重量(毫克)}}{\text{物质的毫克当量(毫克)}}$$

例 1. 252 毫克 NaHCO_3 是多少个毫克当量？

解：先求 NaHCO_3 的毫克当量，然后将题中的毫克数换算成毫克当量数。

$$\text{NaHCO}_3 \text{ 的克当量} = \frac{84}{1} = 84 \text{ (克)}$$

$$\text{NaHCO}_3 \text{ 的毫克当量} = 0.084 \text{ (克)} = 84 \text{ (毫克)}$$

$$252 \text{ 毫克 NaHCO}_3 \text{ 的毫克当量数} = \frac{252 \text{ (毫克)}}{84 \text{ (毫克)}} = 3$$

答：252 毫克 NaHCO_3 是 3 (个)毫克当量，也就是 3 (个)mEq。

例 2. 临床上纠正酸中毒时常常用 5%NaHCO₃ 针剂, 它的剂型规格为 20 ml/支, 问一支针剂中含多少毫克当量的 NaHCO₃?

解: 先求一支 NaHCO₃ 针剂中含 NaHCO₃ 的克数, 再求它的毫克当量数。

一支 NaHCO₃ 针剂中含 NaHCO₃ 的克数是

$$\frac{5}{100} \times 20 = 1 \text{ (克)}$$

已知 NaHCO₃ 的毫克当量 = 0.084(克)

因此, 一支 NaHCO₃ 针剂中含 NaHCO₃ 的毫克当量数

$$\frac{1 \text{ (克)}}{0.084 \text{ (克)}} = 11.9$$

答: 20 ml 的 5% NaHCO₃ 的针剂中含 NaHCO₃ 是 11.9(个)mEq。

当量浓度和当量定律

当量浓度 用 1 升溶液中所含溶质的克当量数来表示的浓度, 叫做当量浓度。当量浓度用符号 N 表示。例如,

1 升盐酸溶液中含 HCl 2 克当量 (即 73 g HCl), 此盐酸的当量浓度为 2 N。

浓盐酸的浓度为 12 N, 即表示在 1 升溶液中含 HCl 12 克当量 (即含 HCl 36.5 克 $\times 12 = 438$ 克)

在这种浓度表示法中, 溶液的当量浓度 (N)、溶液的体积 (V 升) 和溶质的克当量数三者的关系如下

$$\text{当量浓度 (N)} = \frac{\text{溶质的克当量数}}{\text{溶液的体积 V (升)}} \dots\dots\dots (1)$$

例1. 今将 4 克 NaOH 溶解, 配成 200 ml 的溶液, 问其当量浓度是多少?

解: 先将 NaOH 的克数换算成克当量数, 溶液的体积换算成升数, 再根据式 (1) 计算。

NaOH 的克当量 = 40 克

$$4 \text{ 克 NaOH 的克当量数} = \frac{4}{40} = 0.1$$

溶液的体积 200 ml 即为 0.2 升

$$\text{此溶液的当量浓度} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5 \text{ N}$$

例2. 要配制 0.1 N 乳酸钠 (NaC₃H₅O₃) 溶液 500 ml, 需用乳酸钠多少克?

解: 先求出 1 升 (1000 ml) 0.1 N 溶液中所含乳酸钠的克数, 再计算 500 ml 中所需乳酸钠的量。

根据当量浓度的定义, 0.1 N 乳酸钠溶液 1000 ml 中含乳酸钠 0.1 个克当量。

因乳酸钠的克当量为 112 克, 所以

$$0.1 \text{ 克当量乳酸钠的重量} = 112 \text{ g} \times 0.1 = 11.2 \text{ g}$$

设 500 ml 0.1 N 乳酸钠溶液中含乳酸钠 x 克

$$1000 : 500 = 11.2 : x$$

$$x = \frac{500 \times 11.2}{1000} = 5.6 \text{ g}$$

此题也可直接代入式 (1) 来计算, 设配制 0.1 N 乳酸钠溶液 500 ml 需乳酸钠 x 克。

则:

$$0.1 = \frac{\frac{x}{112}}{\frac{500}{1000}} = \frac{\frac{x}{112}}{0.5}$$

$$x = 0.1 \times 0.5 \times 112 = 5.6 \text{ g}$$

当量浓度除了用 1 升溶液中所含溶质的克当量数来表示外, 也可以用每毫升溶液中所含溶质的毫克当量数来表示。

若将前面计算当量浓度的公式 (1) 的分子与分母都乘以 1000, 则所得的值仍相等。

$$N = \frac{\text{溶质的克当量数} \times 1000}{\text{溶液的体积 } V \text{ (升)} \times 1000}$$

克当量数 $\times 1000$ 即为毫克当量数; 升数 $\times 1000$ 则为毫升数, 这样

$$N = \frac{\text{溶质的毫克当量数}}{\text{溶液的体积 } V \text{ (毫升)}} \dots\dots\dots (2)$$

表示当量浓度的式 (1) 和式 (2) 也可以分别写成:

$$N \times V \text{ (升)} = \text{溶质的克当量数} \dots\dots\dots (3)$$

$$N \times V \text{ (毫升)} = \text{溶质的毫克当量数} \dots\dots\dots (4)$$

知道了溶液的当量浓度 (N) 和溶液的体积 (V) 后, 就可以应用上面两式求出溶质的克当量数或毫克当量数。但必须注意溶液体积所用的单位, 如果用升时, 则求出的是溶质的克当量数; 如果用毫升时, 则求出的是溶质的毫克当量数。

例 1. 11.2% 乳酸钠 ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) 针剂的当量浓度是多少? 问该针剂 60 ml 内所含乳酸钠是多少个毫克当量?

解: 先求出 1000 ml 溶液中所含乳酸钠的重量。

已知乳酸钠的百分浓度为 11.2 %, 即 100 ml 中含乳酸钠 11.2 克, 则 1000 ml 溶液中应含乳酸钠的重量为 $\frac{11.2}{100} \times 1000 = 112$ (克)

已知毫克当量为克当量的 $\frac{1}{1000}$, 乳酸钠的毫克当量即 $\frac{112}{1000} = 0.112$ (克), 因

此, 112 克乳酸钠的毫克当量数为 $\frac{112}{0.112} = 1000$

根据式 (2) $N = \frac{\text{溶质的毫克当量数}}{\text{溶液的体积 } V \text{ (毫升)}} = \frac{1000}{1000} = 1$

再根据式(4)

60 ml 的 1 N 乳酸钠溶液中应含乳酸钠的毫克当量数

$$= N \times V (\text{毫升}) = 1 \times 60 = 60$$

答: 11.2% 乳酸钠针剂的当量浓度为 1 N, 此针剂 60 ml 中应含乳酸钠 60 mEq。

当量定律 让我们先分析下列反应中各物质间的数量关系:

	$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$			
重量(克)	98	$2 \times 40 = 80$	142	$2 \times 18 = 36$
克分子数	1	2	1	2
克当量(克)	49	40	71	18
克当量数	2	2	2	2

从上式可以看到各反应物和生成物之间的克分子数和重量并不相等, 但克当量数却相等。实践证明, 在化学反应中, 当两物质相互完全作用时, 它们的克当量数或毫克当量数必定相等, 同时, 生成物的克当量数或毫克当量数也必然等于反应物的克当量数或毫克当量数, 这就是当量定律。如在



的反应中, 当反应进行完全时, 则

$$A \text{ 的克当量数} = B \text{ 的克当量数} = C \text{ 的克当量数}$$

$$A \text{ 的毫克当量数} = B \text{ 的毫克当量数} = C \text{ 的毫克当量数}$$

当量定律可应用于中和反应的计算中:

设某酸的浓度为 N_1 , 它的体积为 $V_1(\text{ml})$; 某碱的浓度为 N_2 , 它的体积为 $V_2(\text{ml})$, 当它们起中和反应达到完全时, 根据当量定律, 酸的毫克当量数 = 碱的毫克当量数, 即

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2 \dots \dots \dots (5)$$

例: 中和 40 ml 某 HCl 溶液需 0.2 N NaOH 溶液 24 ml, 求此 HCl 溶液的当量浓度。

解: 根据 $N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$

$$\text{则 } N \times 40 = 0.2 \times 24$$

$$N = \frac{0.2 \times 24}{40} = 0.12$$

答: 此 HCl 溶液的当量浓度为 0.12 N

从上一节已知

$$\text{物质的毫克当量数} = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{物质的毫克当量(克)}} = \frac{\text{物质的重量(毫克)}}{\text{物质的毫克当量(毫克)}}$$

$$\text{代入(5)式则得 } N \times V = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{物质的毫克当量(克)}} \left(\text{或 } N \times V = \frac{\text{物质的重量(毫克)}}{\text{物质的毫克当量(毫克)}} \right) \dots \dots (6)$$

在中和反应中, 若已知其中一个酸(或碱)的重量(克或毫克), 并从实验测得中和此量所需另一碱(或酸)溶液的体积 V , 即可按式(6)来计算此碱(或酸)溶液的浓度 N 。

例：现有一氢氧化钠溶液，该溶液 22 ml 能中和纯草酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0.15 克，求此氢氧化钠溶液的当量浓度。

解：设 NaOH 溶液的浓度为 x

$$\text{根据 } NV = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{物质的毫克当量(克)}}$$

$$\text{即 } 22x = \frac{0.15}{\frac{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{2} \times \frac{1000}{2000}} = \frac{0.15}{\frac{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{2000}}, \text{ 已知 } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ 的分子}$$

$$\text{量为 } 126, \text{ 则 } 22x = \frac{0.15}{\frac{126}{2000}}$$

$$22x = \frac{0.15}{0.063}$$

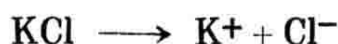
$$x = 0.1082 \text{ N}$$

答：此氢氧化钠溶液的当量浓度为 0.1082 N。

根据当量定律，一个强电解质在溶液中的毫克当量数与它所电离出的离子的毫克当量数也应该是相等的，这是因为强电解质在水中几乎是全部电离的。因此，如果要计算溶液中某种强电解质离子的毫克当量数只要知道该电解质的毫克当量数即可。

例：计算 1 克 KCl 中含 K^+ 与 Cl^- 各为多少毫克当量？

解：KCl 溶于水则全部电离为 K^+ 与 Cl^-



已知 KCl 的毫克当量 = 74 mg, 1 克 (即 1000 毫克) KCl 的毫克当量数

$$= \frac{1000}{74} = 13.5; \text{ 因此根据当量定律, 1 克 KCl 即 } 13.5 \text{ mEq 的 KCl 中应含有}$$

13.5 mEq 的 K^+ 和 13.5 mEq 的 Cl^- 。

毫 克 当 量 浓 度

在医疗上，体液中各种离子的浓度除可用毫克百分浓度表示外，也常用毫克当量浓度来表示。毫克当量浓度有时简称毫当量浓度。

毫克当量浓度是指 1 升溶液中含有溶质的毫克当量数，通常用毫克当量/升或 mEq/L 表示。

例如：正常血清中 Na^+ 浓度为 130—145 毫克当量/升， Cl^- 浓度为 95~105 毫克当量/升， K^+ 浓度为 4~5 毫克当量/升。

人体体液中的无机物都是电解质，而且大多是强电解质或较强的电解质，所以体液中所含的无机盐主要以离子形式存在。表 1—1 是正常人血清的电解质浓度。

表 1-1 正常人血清的电解质浓度

电 解 质	单 位	
	mg%	mEq/L
阳离子:		
Na ⁺	326.0	142
K ⁺	20.0	5
Ca ⁺⁺	10.0	5
Mg ⁺⁺	2.4	2
阳离子总量:	358.4	154
阴离子:		
HCO ₃ ⁻	60.5*	27
Cl ⁻	365.7	103
HPO ₄ ⁼	3.4	2
SO ₄ ⁼	1.6	1
有机酸	17.5	5
蛋白质	6500.0	16
阴离子总量:	6948.7	154

*单位为容积%(CO₂ 毫升/ 100 毫升)

从表中可以看出，血清电解质成分若以 mg% 表示，则 K⁺ 的重量是 Ca⁺⁺ 的重量的一倍，但以 mEq/L 表示，则 K⁺、Ca⁺⁺ 的毫克当量数却相等。血清电解质总的成分若以 mg% 表示，则阴离子总量 6948.7 几乎是阳离子总量 358.4 的 19 倍。但若以 mEq/L 表示，则血清中阳离子总量与阴离子总量相等，均为 154 mEq/L。阴阳离子的毫克当量浓度相等的事实就清楚地反映出溶液中阴阳离子电荷是等量存在的。

在临床工作中毫克百分浓度和毫克当量浓度，往往根据需要而互相换算。

毫克百分浓度是怎样换算成毫克当量浓度的呢？已知毫克百分浓度是指 100 ml 体液中含溶质的毫克数，而毫克当量浓度是指 1 升体液中含溶质的毫克当量数。在换算时，先计算出 1 升体液中含溶质的毫克数，然后根据溶质的毫克当量，再将此溶质的毫克数换算成毫克当量数。

例：根据临床化验报告，某病员的血清电解质中的 Na⁺ 含量为 326 mg%，问其毫克当量浓度为多少？

第一步：先根据毫克百分浓度算出 1 升血清中所含 Na⁺ 的毫克数，

即 $326\text{ mg} \times 10 = 3260\text{ mg}$

第二步：已知 Na⁺ 的毫克当量 = 23 mg，将上面 Na⁺ 的毫克数换算成毫克当量数，则：

毫克当量数 = $\frac{3260}{23} = 141.7$

答：血清中 Na⁺ 的毫克当量浓度为 141.7 mEq/L。

我们可将上述计算化成下面的通式：

毫克当量 浓度 (mEq/L) = $\frac{\text{毫克数}^* \times 10}{\text{当量}}$ = $\frac{\text{毫克数} \times 10}{\frac{\text{原子量}}{\text{化合价}}}$ = $\frac{\text{毫克数} \times 10 \times \text{化合价}}{\text{原子量}}$

仍用上题为例：

钠的毫克当量浓度 = $\frac{326 \times 10 \times 1}{23}$ = 141.7 (mEq/L)。

为了方便起见，毫克百分浓度和毫克当量浓度间的换算可以使用折算因子。
如在上面例题中

钠的毫克当量浓度 = $\frac{326 \times 10 \times 1}{23}$ ，对钠离子来讲式中的 $\frac{10 \times 1}{23}$ = 0.435 是个不变的数值，而钠离子的毫克百分浓度的数值是可以变动的，因此，我们用钠离子的毫克百分浓度中溶质的毫克数乘以 0.435，即可算出钠离子的毫克当量浓度，我们把 0.435 这类数字叫做折算因子。即：

毫克当量浓度(mEq/L) = 毫克数(mg%) × 折算因子。

各种不同的离子有不同的折算因子，见表1—2：

表 1-2 一般血清电解质的折算因子

电 解 质	原 有 单 位	折 算 因 子	折 算 后 的 单 位
Na ⁺	毫克%	0.435	毫克当量/升
K ⁺	毫克%	0.256	毫克当量/升
Ca ⁺⁺	毫克%	0.5	毫克当量/升
Cl ⁻	毫克%	0.282	毫克当量/升
HCO ₃ ⁻	毫升%	0.446	毫克当量/升

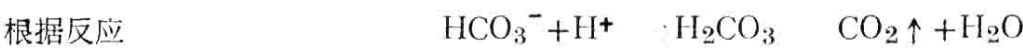
例：今测得一病员的血清钙的浓度为 10 mg%，问其毫克当量浓度(mEq/L)为多少？
从表 1—2 中查得 Ca⁺⁺ 的折算因子为 0.5，根据毫克数 × 折算因子 = 毫克当量浓度。

则：Ca⁺⁺ 的毫克当量浓度 = 10 × 0.5 = 5

答：10 mg% 的血清钙相当于 5 mEq/L。(血清钙的正常值为 4.5—5.8 mEq/L)。
同样，利用折算因子。也可以反过来从 mEq/L 换算成 mg%。

表 1—2 中碳酸氢根 HCO₃⁻ 的折算因子的计算如下：

HCO₃⁻ 浓度的一种表示方法是以其中所结合的 CO₂ 来计算。亦称二氧化碳结合力，因为 CO₂ 是气体，所以用容积% (CO₂ ml/100ml) 为单位来表示。



1 克当量的 HCO₃⁻ 产生 1 克分子的 CO₂ 气体

在标准状况下(0℃, 1 大气压)，已知 1 克分子任何气体的体积均为 22.4 升，亦即在标准状况下，1 克当量的 HCO₃⁻ 产生 22.4 升的 CO₂ 气体或 1 毫克当量的 HCO₃⁻ 产生 22.4 ml 的 CO₂ 气体。

今设 CO₂ 的浓度为容积%，则在 1 升血清中 CO₂ 的毫升数为容积% × 1000

已知 1 毫克当量 HCO₃⁻ 产生 22.4 ml 的 CO₂ 气体，则将容积% × 1000 后除以 22.4 即得每一升血清中 HCO₃⁻ 的毫

克当量数： $\text{mEq/L} = \frac{\text{容积}\% \times 1000}{22.4} = \frac{\text{容积} \times 10}{22.4} = \frac{\text{容积}}{2.24} = \frac{1}{2.24} \times \text{容积} = 0.446 \times \text{容积}$

上式中的容积系指容积% 中的容积数，在一般医学书上也常写成：

$\text{mEq/L} = \frac{\text{容积}\%}{2.24} = 0.446 \times \text{容积}\%$

此 0.446 即为 HCO₃⁻ 的折算因子。

* 在一般医学书上，常把式中的毫克数写成毫克%，但实际计算时只须把毫克% 中的毫克数代入式中即可，

小 结

当量是物质在完全作用时，彼此相当的重量。

一、酸、碱、盐和离子的当量可用下列公式计算：

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{分子量}}{\text{酸分子中被中和的 } \text{H}^+ \text{ 数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{分子量}}{\text{碱分子中被中和的 } \text{OH}^- \text{ 数}}$$

$$\text{盐的当量} = \frac{\text{分子量}}{\text{金属离子的总价数 (金属离子价数} \times \text{金属离子个数)}}$$

$$\text{离子的当量} = \frac{\text{原子量 (或根中各原子量的总和)}}{\text{离子价数}}$$

二、物质的当量用克为单位的叫做克当量。克当量的 $\frac{1}{1000}$ 叫做毫克当量或毫当量，用符号 **mEq** 表示。

$$1 \text{ 克当量} = 1000 \text{ 毫克当量}$$

$$\text{物质的克当量数} = \frac{\text{物质的重量 (克)}}{\text{物质的克当量 (克)}}$$

$$\text{物质的毫克当量数} = \frac{\text{物质的重量 (克)}}{\text{物质的毫克当量 (克)}} = \frac{\text{物质的重量 (毫克)}}{\text{物质的毫克当量 (毫克)}}$$

克当量和毫克当量对每一物质来讲是一个一定的数值，因此知道了物质的重量可从上式计算出物质的克当量数或毫克当量数，反之，知道了物质的克当量数或毫克当量数也可以求物质的重量。

三、

溶液浓度的名称	溶液浓度的定义	溶液浓度计算公式
毫克百分浓度 (mg%)	100 毫升溶液中所含溶质的毫克数	$\text{mg}\% = \frac{\text{溶质的毫克数}}{\text{溶液的体积 (ml)}} \times 100\%$
当量浓度 (N)	1 升溶液中所含溶质的克当量数	$N = \frac{\text{溶质的克当量数}}{\text{溶液的体积 (升)}}$
	1 毫升溶液中所含溶质的毫克当量数	$N = \frac{\text{溶质的毫克当量数}}{\text{溶液的体积 (毫升)}}$
毫克当量浓度 mEq/L	1 升溶液中所含溶质的毫克当量数	$\text{mEq/L} = \frac{\text{溶质的毫克当量数}}{\text{溶液的体积 (升)}}$

四、当量定律：在化学反应中，当两物质相互完全作用时，它们的克当量数或毫克当量数必定相等。

如两物质在溶液中起反应则：

$$N_1 \times V_1(\text{ml}) = N_2 \times V_2(\text{ml})$$

$$\text{或 } N \times V(\text{ml}) = \frac{\text{物质的重量(克)}}{\text{物质的毫克当量(克)}}$$

五、毫克百分浓度和毫克当量浓度间的换算

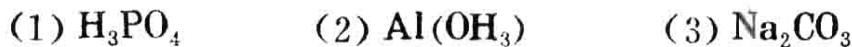
$$\text{mEq/L} = \frac{\text{毫克数} \times 10 \times \text{化合价}}{\text{原子量}}$$

(或 $\text{mEq/L} = \text{毫克数} \times \text{折算因子}$ 。式中的毫克数即指毫克百分浓度中在百分符号前的数值)。

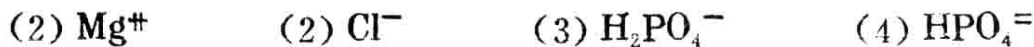
习 题

1. 某糖尿病病员的血液每 2 ml 含葡萄糖 0.006 克，问该病员的血糖毫克百分浓度为多少？

2. 求下列物质在完全作用时的当量、克当量和毫克当量。(已知原子量 $\text{H} = 1, \text{O} = 16, \text{P} = 31, \text{Al} = 27, \text{Na} = 23, \text{C} = 12$)



3. 求下列离子的当量、克当量和毫克当量。(已知原子量 $\text{Mg} = 24.3, \text{Cl} = 35.5$)



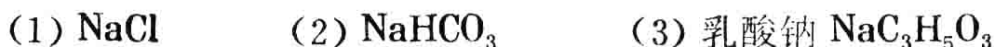
4. 8 克 NaOH 、73 克 HCl 、24.5 克 H_2SO_4 各是几个克当量？(已知原子量 $\text{S} = 32$)

5. 500 ml 的 0.9% NaCl 溶液(生理盐水)中含有多少毫克当量的 NaCl ？

6. 某高热病员大量出汗时，每天损失电解质的量为：

Na^+ 约为 80 mEq, K^+ 约为 4 mEq, 问相当于多少克的 NaCl 和 KCl ？(已知原子量 $\text{K} = 39.1$)

7. ①试计算 1 克下列物质，各含多少 mEq 的 Na^+ ？



②试计算 10 ml 一针的 10% KCl 注射剂中，含 K^+ 与 Cl^- 各为多少毫克当量？

8. 在抢救某一肝昏迷病员时，每日用每支为 5.75 g/20 ml 的谷氨酸钠($\text{NaC}_5\text{H}_7\text{NO}_4$) 针剂 4 支，加于 5% 葡萄糖溶液中静脉滴注，试问(1) 每 20 ml 谷氨酸钠溶液中含谷氨酸钠多少毫克当量？(2) 病员每日输入 Na^+ 的总量为多少毫克当量？(已知原子量 $\text{N} = 14$)

9. 已知 50 ml 某硫酸溶液中含 H_2SO_4 2.45 克，问此溶液的当量浓度为多少？

10. 0.25 N H_2SO_4 溶液 300 ml 和 1 N NaOH 溶液 150 ml 混和反应后，溶液呈什么性？

11. 某病员的血清每 2 ml 含 K^+ 0.3 毫克，问其毫克当量浓度为多少？

12. 正常人血清钙为 9—11 mg% 试换算成 mEq/L？(已知原子量 $\text{Ca} = 40$)