

医用化学基础

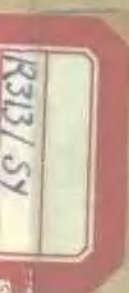
医用化学基础

试 用 教 材



沈 阳 医 学 院

一 九 七 六 年 五 月



救死扶傷
革命的人道主義
白求恩

C0140132



(一九四一年为中国医科大学十四期毕业生题词)

说 明

《医用化学基础》教材是为我院工农兵学员编写的。本教材是在学完《化学》之后，为进一步学习医学有关课程打下必要的基础。

在编写教材过程中，我们坚持以毛主席的无产阶级教育方针为指导，力求用辩证唯物主义观点来阐述问题。我们认真贯彻毛主席“教材要彻底改革，有的首先删繁就简”的指示，精选了内容，加强了与有关课程的联系。

为了培养学员的实验操作技能和分析、解决实际问题的能力，选编了一些实验附在教材后面。

编写新教材，是无产阶级教育革命的重要组成部分。尽管我们做了一定努力，但是，由于我们马列主义、毛泽东思想学的不够，路线斗争觉悟不高，教育革命实践经验不足，因此，这本教材一定存在着许多缺点和错误。希望工农兵学员和革命同志们批评指正。

沈阳医学院化学教研组

一九七六年五月

目 录

第一章 人体水盐代谢的化学基础 (一)

——毫当量浓度——	1
第一节 当量	1
一、什么是当量	1
二、怎样确定一物质的当量	3
三、毫克当量数	4
第二节 离子的毫当量浓度	5
一、当量浓度与毫当量浓度	5
二、血液中离子浓度的表示法	5
三、毫克百分浓度与毫当量浓度的换算	6
第三节 当量定律在医学上的应用	7

第二章 人体水盐代谢的化学基础 (二)

——血浆的渗透压——	9
第一节 渗透现象和渗透压	9
第二节 渗透压与克分子浓度的关系	11
第三节 血浆的渗透压——等渗溶液	12
第四节 渗透压在水盐代谢中的意义	14
一、晶体渗透压和胶体渗透压	14
二、渗透压与输液等问题	14

第三章 体液酸碱平衡的化学基础

——溶液的酸碱度与缓冲原理——	16
第一节 溶液的酸度值	16
一、水的电离和水溶液的酸碱度	16
二、溶液的酸度值 pH	17
三、溶液 pH 值的测定法	18
第二节 血液的缓冲原理	19
一、缓冲作用	19
二、碳酸缓冲系的缓冲原理	19
三、血液中的缓冲系	21

第四章 糖类

第一节 单糖	23
一、葡萄糖的化学结构	23

二、葡萄糖的化学性质	25
第二节 二糖	27
一、麦芽糖	28
二、蔗糖	28
第三节 多糖	28
一、淀粉	28
二、糖元	29
三、纤维素	30
第四节 葡萄糖在体内代谢的中间产物	30
一、丙酮酸和乳酸	31
二、柠檬酸	33
三、 α -酮戊二酸和草酰乙酸	33
第五章 脂类	36
第一节 脂肪	36
一、脂肪的结构	36
二、脂肪的性质	37
第二节 脂肪代谢的中间产物	39
第三节 类脂	40
一、磷脂	40
二、胆固醇	41
第六章 蛋白质	44
第一节 蛋白质的元素组成	44
第二节 组成蛋白质分子的基本单位——氨基酸	45
一、蛋白质的水解产物	45
二、氨基酸的结构	45
三、氨基酸的性质	47
第三节 蛋白质的结构与性质	49
一、蛋白质的结构	49
二、蛋白质的性质	50
第四节 结合蛋白质	53
一、血红蛋白	53
二、核蛋白	54
第五节 酶	59
一、化学反应速度	59
二、酶的化学组成	60
三、酶的特性	60
四、影响酶反应的因素	61
五、酶活性的抑制及恢复	61

第七章 中草药的化学基础	63
第一节 中草药常见的有效成分	63
一、生物碱	63
二、甙类	65
三、挥发油	67
第二节 中草药有效成分的提取	68
一、冷浸渍法	69
二、渗漉法	69
三、加热提取法	70
四、水蒸气蒸馏法	71
五、提取液的浓缩及溶剂的回收	72
第三节 无机中药	73
实验部分	
实验一、胃液总酸度的测定	75
〔实验1—1〕 酸碱滴定练习	76
〔实验1—2〕 胃液总酸度的测定	76
实验二、糖类的实验	78
〔实验2—1〕 葡萄糖的还原性	78
〔实验2—2〕 淀粉的水解	78
〔实验2—3〕 糖代谢的中间产物乳酸的氧化与丙酮酸的脱羧	78
实验三、脂肪的性质	79
〔实验3—1〕 脂肪的溶解性	79
〔实验3—2〕 脂肪的乳化	79
〔实验3—3〕 脂肪的皂化（水解）	79
实验四、蛋白质的性质	80
〔实验4—1〕 蛋白质的缩二脲反应	80
〔实验4—2〕 蛋白质的盐析	80
〔实验4—3〕 蛋白质加热变性	80
〔实验4—4〕 尿中蛋白质检查（加热和乙酸法）	80
〔实验4—5〕 磺柳酸与蛋白质的沉淀反应	80
〔实验4—6〕 重金属盐与蛋白质的沉淀作用	80
〔实验4—7〕 蛋白质等电点的测定	81
实验五、酶的实验	82
〔实验5—1〕 酶对过氧化氢的分解反应	82
〔实验5—2〕 温度、pH值、重金属离子对酶活性的影响	82
实验六、中草药有效成分的提取	83
〔实验6—1〕 小蓟碱的提取	83
〔实验6—2〕 从黄芩中提取黄芩甙粗品	84

〔实验6—3〕 从金银花中提取金银花甙·····	86
〔实验6—4〕 由甘草粗粉提取甘草酸·····	88
〔实验6—5〕 鹤芽素的提取·····	89
附表 ·····	90
附表 1、酒精浓度与沸点和馏出物浓度表·····	90
附表 2、酒精稀释表·····	91
附表 3、实验室常用酸碱的浓度·····	91
附表 4、常用食物成分表·····	92

第一章 人体水盐代谢的化学基础(一)

——毫当量浓度——

人体的细胞必须在组成稳定的体液中进行正常的代谢活动。所以,在正常情况下,体内水和无机盐的含量都要保持一定的平衡状态,特别是 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^- 等离子的含量与平衡,对维持机体的正常生理机能是十分重要的。虽然人们每天不断摄入与排出水和盐类,但在一般情况下体内离子的含量却很少变动。如果电解质发生丢失或聚积,常伴随水的丢失或滞留。此时必然引起水、电解质和酸碱平衡的紊乱,而影响全身各系统器官的机能,严重时可危及生命。

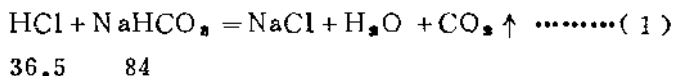
本章着重讨论体液中电解质含量的表示法——离子的毫当量浓度及其有关计算。

第一节 当 量

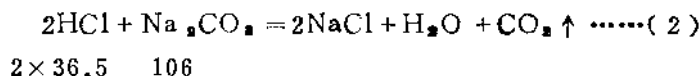
临床上,过去多用毫克百分浓度(mg%)来表示血液中电解质(K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 等离子)的含量。用这种浓度表示电解质的含量,不易说明它们在体液中进行化学反应时相互间量的关系,因为各种物质在进行化学反应时是按当量进行的。为了正确地比较和了解各种电解质在维持电中性和酸碱平衡的效能,现在多采用毫当量浓度(mEq/L)来表示。什么是毫当量浓度?首先要从当量这个概念讲起。

一、什么是当量

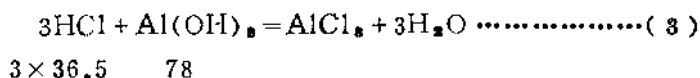
我们试从临床上几种口服抗酸药物与胃酸(HCl)之间的化学反应为例,说明什么是当量。胃酸的主要成分是盐酸,可以口服碳酸氢钠 $NaHCO_3$ 将其消除。它与胃酸的反应为:



口服碳酸钠 Na_2CO_3 (俗名面碱)的稀溶液,也可以起到抗酸作用。其反应为:



临床上常用的抗酸药物是口服氢氧化铝 $Al(OH)_3$ 凝胶制剂,它与胃酸反应为:



将上述三个反应式加以比较,可以看出三个不同的碱性物质 $NaHCO_3$ 、 Na_2CO_3 、

$\text{Al}(\text{OH})_3$ 都能与盐酸作用，但是与相同分子数或重量的碱性物质相作用所需的盐酸数量却是不同的。

在反应(1)中，与一个分子 NaHCO_3 完全反应时需要一个分子的 HCl 。

在反应(2)中，与一个分子 Na_2CO_3 完全反应时需要二个分子的 HCl 。

在反应(3)中，与一个分子 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 完全反应时需要三个分子的 HCl 。

由此，可以得出结论：两种物质完全反应时，它们的分子个数并不一定相等。

再从它们之间的重量比来看这三个反应：

在反应(1)中， HCl 与 NaHCO_3 完全反应时，它们的重量比为36.5:84。

在反应(2)中， HCl 与 Na_2CO_3 完全反应时，它们的重量比为73:106。

在反应(3)中， HCl 与 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 完全反应时，它们的重量比为109.5:78。

由此，可以得出结论：两种物质完全反应时，它们的重量也不是相等的关系。

那么，物质在进行化学反应时，反应物之间在量上是否还存在什么规律呢？

经深入研究，发现它们之间在量上确实存在着一个内在的简单关系。即：如果都对36.5份重量的盐酸起反应时，上述三种物质的重量为：

与36.5份重量 HCl 完全反应的 NaHCO_3 重量为84份。

与36.5份重量 HCl 完全反应的 Na_2CO_3 重量为 $106/2=53$ 份。

与36.5份重量 HCl 完全反应的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 重量为 $78/3=26$ 份。

也就是说，84份重量的 NaHCO_3 ，53份重量的 Na_2CO_3 ，26份重量的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 都能与36.5份重量的 HCl 完全反应。它们的重量虽不相同，但是它们在化学反应中能消除相同重量的 HCl 。

我们把凡能与36.5份重量的 HCl 或相当于36.5份重量的 HCl 完全反应的某物质重量叫做该物质的当量。

不同物质的当量值是不同的(即一个当量的重量份数)。一(个)当量的 HCl 等于36.5，36.5就是 HCl 的当量(值)；同样，一(个)当量的 Na_2CO_3 等于53，53就是 Na_2CO_3 的当量(值)，一(个)当量的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等于26，26就是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的当量(值)，依此类推。

当量以克为单位表示时，叫做克当量。即36.5克的 HCl ，84克的 NaHCO_3 ，53克的 Na_2CO_3 ，26克的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 都是该物质的克当量。

这就不难看出，在任何化学反应中，反应物间的量如以当量为单位表示时，便成为一对一的关系了。

因此，两种物质进行化学反应时，一物质为2个当量，另一物质也必须是2个当量才能完全反应，一物质为0.5个当量，另一物质也必须是0.5个当量才能完全反应。这里“1”、“2”、“0.5”叫做当量数，也就是当量的倍数的意思。

$$\text{当量数} = \frac{\text{重量}}{\text{当量(值)}}$$

由此，可以得出这样一个规律：在化学反应中，反应物质的当量数必相等。这个规律叫做当量定律。它是化学反应中反应物的反应量之间必须遵循的一条客观规律。

我们掌握了这个规律，可以利用它测定溶液中溶质的含量。例如胃酸的测定，血清中

NaHCO₃含量的测定等，都是这个定律的具体应用。

二、怎样确定一物质的当量

1. 酸碱盐当量的求法：

从上面三个反应中，已知HCl的当量就是它的分子量，NaHCO₃的当量也等于它的分子量，Na₂CO₃的当量等于它的分子量的1/2，Al(OH)₃的当量是分子量的1/3，其中1、2、3、分别是NaHCO₃、Na₂CO₃、Al(OH)₃中阳离子的总价数，因此酸、碱、盐等化合物当量可用下式求出：

$$\text{酸、碱、盐当量} = \frac{\text{酸、碱、盐的分子量}}{\text{参加反应的阳离子化合价总和}}$$

例如：

$$\text{HCl当量} = \frac{36.5}{1} = 36.5 \quad \text{克当量} = 36.5 \text{克}$$

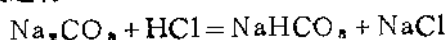
$$\text{H}_2\text{CO}_3\text{当量} = \frac{62}{2} = 31 \quad \text{克当量} = 31 \text{克}$$

$$\text{Al(OH)}_3\text{当量} = \frac{78}{3} = 26 \quad \text{克当量} = 26 \text{克}$$

$$\text{NaCl当量} = \frac{58.5}{1} = 58.5 \quad \text{克当量} = 58.5 \text{克}$$

$$\text{CaCl}_2\text{当量} = \frac{111}{2} = 55.5 \quad \text{克当量} = 55.5 \text{克}$$

应当指出，有些物质的当量并不是一成不变的，要“对具体情况作具体的分析”反应(2)中的Na₂CO₃ 1个分子量是2个当量，它的当量是53，但在另一反应条件下，如在HCl量少的情况下，反应按下式进行



Na₂CO₃ 1个分子量是一个当量，所以Na₂CO₃的当量 = $\frac{106}{1} = 106$

2. 离子的当量、毫克当量求法：

人体体液中的电解质，主要以离子形式存在，如K⁺、Na⁺、Ca⁺⁺、Cl⁻、HCO₃⁻等离子，某些有机物如蛋白质也以离子形式存在。离子的当量可以用下式求出：

$$\text{离子的当量} = \frac{\text{原子量（或根中各原子量的总和）}}{\text{离子的电荷数（化合价数）}}$$

例：

$$\text{Na}^+\text{离子当量} = \frac{23}{1} = 23 \quad \text{克当量} = 23 \text{克}$$

$$\text{K}^+\text{离子当量} = \frac{39}{1} = 39 \quad \text{克当量} = 39 \text{克}$$

$$\text{Cl}^- \text{离子当量} = \frac{35.5}{1} = 35.5 \quad \text{克当量} = 35.5 \text{克}$$

$$\text{Ca}^{++} \text{离子当量} = \frac{40}{2} = 20 \quad \text{克当量} = 20 \text{克}$$

$$\text{Mg}^{++} \text{离子当量} = \frac{24}{2} = 12 \quad \text{克当量} = 12 \text{克}$$

由于体液中离子含量都很小，医学上用克当量这个单位有时显得太大，因此，常用克当量的千分之一为单位，叫做毫克当量。

$$\frac{\text{克当量}}{1000} = \text{毫克当量}$$

或者说，当量值用毫克为单位表示的就叫毫克当量，其符号为mEq。

Na⁺离子的毫克当量 = 23毫克

K⁺离子的毫克当量 = 39毫克

HCO₃⁻离子的毫克当量 = 61毫克。

三、毫克当量数：

医学上常用毫克当量为单位来表示体液中各种物质的含量。例如：

1 (个) 毫克当量的HCl为 $36.5 \times 1 = 36.5$ 毫克的HCl

2 (个) 毫克当量的HCl为 $36.5 \times 2 = 73$ 毫克的HCl

3 (个) 毫克当量的NaHCO₃为 $84 \times 3 = 252$ 毫克的NaHCO₃

0.5 (个) 毫克当量的NaHCO₃为 $84 \times 0.5 = 42$ 毫克的NaHCO₃

在毫克当量前面的数目，如1、2、3、0.5等叫做毫克当量数。

因此可以得出：物质的毫克当量(毫克) × 物质的毫克当量数 = 物质的重量(毫克)

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

由于物质的毫克当量是已知的，从上式可知，只要知道物质的重量就可以求出物质的毫克当量数，或者知道物质的毫克当量数也可求出物质的重量。

例1：3克的NaCl相当于多少毫克当量的NaCl?

$$\text{NaCl的毫克当量数} = \frac{\text{NaCl的重量(毫克)}}{\text{NaCl的毫克当量(毫克)}} = \frac{3000}{58.5} = 51.3$$

答：3克NaCl相当于51.3 (个) 毫克当量的NaCl，即51.3mEq。

例2：临床上纠正酸中毒时，常用5%NaHCO₃针剂，每支为20毫升，问一支NaHCO₃针剂中含多少毫克当量的NaHCO₃?

$$1 \text{支NaHCO}_3 \text{针剂中含有NaHCO}_3 \text{的重量} = \frac{5}{100} \times 20 = 1 \text{克} = 1000 \text{毫克}$$

$$\text{NaHCO}_3 \text{的毫克当量数} = \frac{1000}{61} = 16.4$$

1支NaHCO₃针剂中含有NaHCO₃的毫克当量数

$$= \frac{\text{NaHCO}_3 \text{重量}}{\text{NaHCO}_3 \text{毫克当量}} = \frac{1000}{84} = 11.9$$

答1支20毫升的5%NaHCO₃针剂中含NaHCO₃ 11.9 mEq。

第二节 离子的毫克当量浓度

一、当量浓度与毫克当量浓度

当量浓度是以每升溶液中所含溶质的克当量数来表示的浓度，以符号N来表示。

例如：有一瓶50毫升的溶液，瓶签上写有0.1N NaOH的字样，这时我们应当知道它代表下列事实：

(1) 这个NaOH溶液的浓度是用当量浓度表示的。

(2) 0.1N NaOH是指在一升溶液中溶有NaOH为0.1个克当量。

(3) 0.1个克当量的NaOH为4克。即此溶液1000毫升中含有纯NaOH 4克，500毫升中含有纯NaOH 2克。

毫克当量浓度就是以一升溶液中含有溶质的毫克当量数来表示的浓度，以符号mEq/L来表示。

例如：看到化验单上写K⁺5mEq/L时，应当知道下列事实。

(1) 该患者的血钾含量为每升血中有K⁺离子为5(个)毫克当量，即5mEq。

(2) 5mEq的K⁺离子的毫克当量即5 × 39 = 195毫克，表示1升血中含有195毫克的K⁺离子。

(3) 与正常人血浆的K⁺离子浓度对照(见表1—1)可确定这个患者K⁺离子含量是正常的。

二、血液中离子浓度的表示法

人血液中的无机盐类都是强电解质，所以它们主要以离子形式存在，如K⁺、Na⁺、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、Cl⁻、HCO₃⁻等离子。某些有机物如蛋白质也以离子形式存在。目前，表示体内离子含量的方法，有的用毫克百分浓度mg%，大部分采用毫克当量浓度mEq/L。正常人血清的电解质浓度如表1—1所示：

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 ⁻	356.7	103
HPO ₄ ⁼	3.4	2
SO ₄ ⁼	1.6	1
有机酸	17.5	5
蛋白质	6,500.0	16
阴离子总量	6,948.7	154

* 容积% (CO₂, ml/100ml) $(\frac{60.5 \times 10}{22.4} = 27)$

由表1—1可见，正常人血清阳离子总量和阴离子总量，如用mg%表示时，阳离子总浓度为358.4mg%，阴离子总浓度为6,948.7mg%，相差悬殊，不易说明它们在体液中进行化学反应时相互间量的关系。如用mEq/L表示时，阳离子总浓度与阴离子总浓度恰好相等。利用这种浓度表示法，有助于正确地比较和了解各电解质在维持电中性和酸碱平衡的效能。例如血钾20.0mg%、血钙10.0mg%，这种浓度表示法不易直接比较在维持体液电中性中不同离子所起的作用。如换算成mEq/L，则二者均为5mEq/L，即它们在维持体液电中性中所引起的作用是相同的。

三、毫克百分浓度与毫当量浓度的换算

目前，临床表示体液中离子浓度的单位并不统一，有的用mg%，有的用mEq/L。因此，

表1—2 血清或血浆主要电解质正常范围及转换因数

电解质	计算物	原子量 (分子量)	化合价	当量	转换因数	正常范围	
						mg%	mEq/L
钠	Na ⁺	23	1	23	0.435	310~340	135~148
钾	K ⁺	39	1	39	0.256	16~22	4.1~5.6
钙	总Ca	40	2	20	0.500	9~11.5	4.5~5.8
	游离Ca ⁺⁺	40	2	20	0.500	4.25~5.25	2.1~2.6
镁	Mg ⁺⁺	24	2	12	0.833	1.6~2.9	1.4~2.4
重碳酸盐	HCO ₃ ⁻ (CO ₂ 结合力)	—	—	—	0.446	45~70毫升	20~31.2
氯化物	Cl ⁻	35.5	1	35.5	0.282	340~380	96~107
	NaCl	(58.5)	—	58.5	0.171	562~626	96~107

应当熟悉这两种浓度的换算。

mg%换算成mEq/L的公式:

$$\text{mEq/L} = \frac{\text{mg}\% \times 10}{\text{原子量}} \times \text{原子价}$$

例如, 血钠326mg%, 换算成mEq/L则为

$$\text{mEq/L} = \frac{326 \times 10}{23} \times 1 = 141.7 \text{ mEq/L}$$

为了便于计算, 现将血清或血浆中主要电解质的正常范围及mg%转换至mEq/L所需的数值列于表1~2, 计算时, 只要以mg%乘转换因数即得mEq/L。例如, 钙10mg%换算成mEq/L应为 $10 \times 0.5 = 5 \text{ mEq/L}$ 。

第三节 当量定律在医学上的应用

根据当量定律, 物质完全反应时, 克当量数或毫克当量数总是相等的。一克当量的酸能与一克当量的碱完全中和, 中和一毫克当量的酸就必须用一毫克当量的碱。因此溶液浓度用当量浓度表示时, 下列关系必然成立:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

N_1 、 N_2 分别表示参加反应的两种溶液的当量浓度。

V_1 、 V_2 分别表示参加反应的两种溶液的体积(毫升数)

则: $N_1 \cdot V_1$ = 溶液(1)中溶质的毫克当量数

$N_2 \cdot V_2$ = 溶液(2)中溶质的毫克当量数

临床上, 对体液各种电解质含量的测定就是利用这一关系进行的, 现以胃液的总酸度测定为例加以说明。

胃液的总酸度测定: 取胃抽出液的上清液1ml, 置于50ml烧杯内, 加蒸馏水1ml混合, 加酚酞指示剂2滴, 用滴定管逐滴加入0.01N NaOH, 直到酚酞出现粉色时, 停止滴定。这时消耗NaOH的毫升数为4ml, 根据消耗NaOH的毫升数计算出。

1 该患者胃液总酸度的当量浓度。

2 临床常用的胃酸的总酸度值。

解1 将消耗的0.01N NaOH溶液的毫升数代入关系式 $N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$ 中

$$0.01 \times 4 = N_2 \times 1$$

$$N_2 = 0.04 \text{N (HCl)}$$

答: 该患者胃液总酸度的当量浓度为0.04N

解2 临床上常用临床单位来表示胃酸的酸度值。临床单位是指中和100毫升胃液所消耗0.1N NaOH的毫升数。将上式变化一下:

$$0.01 \times 4 \times 100 = 0.1 \times 40$$

即中和此100毫升胃液需0.1N NaOH40毫升。该人胃液的总酸度为40个临床单位。
正常人胃液总酸度为10~50单位，上面测定的数值在正常范围内。

习 题

1. 试比较下面几个概念，并指出它们的相互关系
当量、克当量、毫克当量、毫克当量数、N、mEq/L、mg%。
2. 0.555克 CaCl_2 、0.168克 NaHCO_3 、3.725克 KCl 其毫克当量数各是多少？
3. 从0.1N500ml的盐酸中倒出50ml，问这50ml的盐酸当量浓度等于多少？这50ml中所含纯HCl等于多少克？
4. 某患者2ml血清中含 Mg^{++} 0.06mg，求mEq/L=？
5. 正常人血钙为9~11mg%试换算成mEq/L。
6. 某患者需补 Ca^{++} 10mEq，问应补入10%的 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 针剂多少毫升？
7. 今有一因缺钠脱水患者，临床化验血清钠为269.1mg%问
 - ①换算成mEq/L为多少？若以正常值142mEq/L计算，每升缺 Na^+ 离子多少毫克当量？
 - ②由于人体中 Na^+ 离子主要在细胞外液，该患者细胞外液以10升计算，则缺 Na^+ 离子多少毫克当量？
 - ③若补足患者所缺的 Na^+ 离子，应补入NaCl多少毫克？
 - ④若以生理盐水补足所缺 Na^+ 离子，需多少毫升？

第二章 人体水盐代谢的化学基础(二)

— 血浆的渗透压 —

“新陈代谢是宇宙间普遍的永远不可抵抗的规律。”人体在生活过程中不断地与其周围环境进行着物质的交换。在交换的物质中，以水为最多。饮水及食物中所含的水是体内水的重要来源。体内的水又经常不断地通过肾、肺、皮肤、肠等途径向体外排出。正常人每日总共排出水量约为 2500 毫升。所以每日必须从外界摄入水 2500 毫升，才能维持体内水的平衡。

但是，水的代谢并不是孤立进行的，那些维持正常生命活动所不可缺少的各种无机盐类的代谢，也伴随着水的代谢同时进行。体内的无机盐类也保持一个动态平衡。体液中无机盐类浓度的相对稳定，对保持体内水的平衡是主要因素之一。这是因为体液渗透压的大小与无机盐类的浓度有密切关系。若机体水和盐代谢紊乱，体液的渗透压也要发生改变，这时临床上便表现为各种类型的脱水或水肿。为了掌握水盐代谢的有关规律，必须学习渗透压及其有关规律。

• • • •

第一节 渗透现象和渗透压

要了解体液的渗透压，首先讨论什么是渗透现象，这可以从扩散谈起。扩散是日常生活中常见的现象。将蔗糖放入一杯水中，经过一定时间，整杯水都会变甜。这是由于两种不同浓度的溶液相接触时，分子总是由其浓度大的一方向浓度小的一方运动的结果。这是两种不同浓度的溶液直接接触时的扩散现象。

如果用一个只允许溶剂等小分子通过，而溶质大分子不能通过的膜（这种膜叫做半透膜），把溶液和溶剂或两种不同浓度的溶液隔开，这时扩散将怎样进行呢？“只有人们的社会实践，才是人们对于外界认识的真理性的标准。”取一鸡蛋在其钝端剥去硬壳，留下完好的内膜，在蛋的另一端密封一支细长玻璃管（如图 2~1），然后将蛋浸入盛有蒸馏水的杯中，放置不久便可看到玻璃管内液而上升。

在这个实验里，鸡蛋的内膜就是一种半透膜，它只能使蛋内外的水分子自由通过，而蛋内较大的蛋白质分子却不能通过。人体内的细胞膜、毛细血管壁等都是半透膜，这些是生物半透膜。硫酸纸、玻璃纸、火棉胶膜也是半透膜，这些是人工半透膜。

若将糖水装入上口封有长玻璃管的火棉胶囊 A 中（如图 2~2），然后将囊浸入纯水杯子 B 中，同样也可以看到玻璃管内液面上升的现象。

为什么玻璃管内液面上升了呢？这是因为半透膜是具有无数微孔的膜，这个微孔可以使溶剂分子通过，而不能使蛋白质等溶质通过。由于膜外纯溶剂侧单位体积中的水分子数目比

膜内溶液侧单位体积的水分子数目多，在同一时间内，从纯溶剂一侧通过半透膜透入溶液的水分子数要比从溶液一侧透入纯溶剂中的水分子数多。因此，玻璃管内液面慢慢上升。

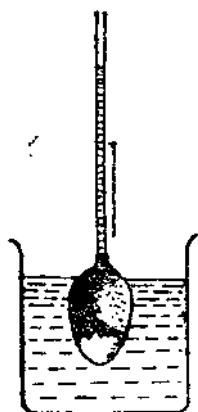


图 2—1 渗透现象

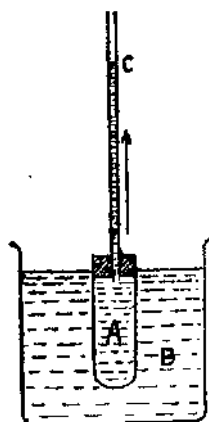


图 2—2 渗透装置

若将两种不同浓度的溶液用半透膜隔开，同样可以看到稀溶液中的溶剂水分子通过半透膜进入浓溶液中而使玻璃管内液面上升。

我们把纯溶剂与溶液（或两种浓度不同的溶液）在半透膜隔开的情况下，溶剂（或较稀溶液中的溶剂）通过半透膜向溶液（或较浓溶液）中扩散的现象叫做渗透现象。简称渗透。

由此可以看出，产生渗透现象的条件是：一、要有半透膜存在；二、在膜的两侧要有浓度差。

那么由渗透现象引起的玻璃管内液柱上升是否无止境呢？实验证明，液柱上升到一定高度后就不再上升了。这是因为随着玻璃管内液柱的升高，液柱本身产生的压强也逐渐增大，这个液柱产生的压强，使溶剂侧水分子进入膜内的速度逐渐变小，而溶液侧水分子透出膜外的速度逐渐增大。当液柱达一定高度，即压强达一定数值时，水分子出入膜的速度便相等，达到动态平衡。这时，液柱的压强就是这个溶液的渗透压。必须指出，两种浓度不同的溶液，被一半透膜隔开，渗透达平衡时，浓溶液侧液柱上升所表现的压强不是渗透压，而是两种溶液渗透压之差。显然，渗透压是指溶液与纯溶剂（水）渗透达平衡时，膜内外的液面差所产生的压强。即当一溶液与溶剂水被一半透膜隔开时，溶液上必须加一压强方可维持溶液与溶剂水间的平衡。此压强即为渗透压。

两种不同渗透压（即不同浓度）溶液中水分子的渗透方向是从渗透压较小（浓度较稀）溶液中的水分子向渗透压较大（浓度较浓）溶液中渗透。然而，“客观事物中矛盾着的诸方面的统一或同一性，本来不是死的、凝固的，而是生动的、有条件的、可变动的、暂时的、相对的东西，一切矛盾都依一定条件向它们的反面转化着。”渗透方向也是一样，当在浓溶液侧液面上加一超过两种溶液渗透压差的外压条件下，渗透方向便会改变，水分子便从渗透压较大（浓度较浓）溶液中向渗透压较小（浓度较稀）溶液中渗透。

渗透压大小可以用大气压或毫米汞柱（mmHg）等压强单位表示。如血浆在 37°C 时的渗透压为 7.6 大气压或 5776 毫米汞柱（mmHg）。