

JICHU HUAXUE SHIYAN

高等医学院校教材

供临床医学(含心理学方向)、影像医学、口腔医学类专业用

基础化学实验

黄锁义 主编

广西科学技术出版社



高等医学院校教材

供临床医学(含心理学方向)、影像医学、口腔医学类专业用

基础化学实验

黄锁义 主编



广西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/黄锁义主编. —南宁:广西科学技术出版社, 2008.9

ISBN 978-7-80763-197-2

I. 基… II. 黄… III. 化学实验—高等学校—教材
IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 139961 号

基础化学实验

作者: 黄锁义主编

出版: 广西科学技术出版社

(南宁市东葛路 66 号 邮政编码 530022)

发行: 广西新华书店

印刷: 广西民族语文印刷厂

(南宁市望州路 251 号 邮政编码 530001)

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 6

字数: 92 000

版次: 2008 年 9 月第 1 版

印次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—2 200 册

书号: ISBN 978-7-80763-197-2/R · 39

定价: 23.00 元

本书如有倒装缺页,请与承印厂调换

《基础化学实验》编写委员会

主 编 黄锁义

编 委 (以姓氏笔画为序)

陆海峰

黄锁义

程金生

前 言

为了适应当前教学改革的需要，我们根据魏祖期主编的全国高等医学院校统编教材第七版《基础化学》内容，编写了《基础化学实验》教材，与《基础化学》教科书配套使用，本教材主要供临床医学（含心理学方向）、影像医学、口腔医学等专业本科使用，也可供其他医学专业（包括本科生、专科生、研究生、成教学生）使用或参考。

本教材的编写，是以全国高等医学院校本科化学教学大纲的要求为依据，教材所涉及的实验内容较为广泛，有基础实验、综合性实验和设计性实验，包括了基本操作技术、酸碱滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定、配位滴定、比色分析、缓冲溶液和胶体性质等实验。教材中吸收了我们多项化学实验教学改革成果和科研成果，以培养学生创新能力和综合素质为目的，加强学生的基本实验技能训练，为医学后续课程的学习打好必要的基础，同时还尽可能考虑学科的发展，注意培养学生具有初步的科学研究工作能力。编写时，我们在总结多年教学经验的基础上，力求实验操作规范、准确，原理清楚，时间安排合理，文字叙述通俗易懂，便于学生自学。

本教材由黄锁义教授主编，陆海峰讲师、程金生讲师等参编。

本教材是右江民族医学院规划教材立项资助项目、右江民族医学院基础化学精品课程建设立项重点资助项目。

教材中不足之处，恳请广大读者批评、指正。在此谨表真诚的谢意。

编 者

2008 年 6 月

目 录

实验规则	(1)
实验安全预防措施	(2)
第一部分 基本操作和测定实验	(3)
实验一 分析天平和干燥器的使用	(5)
实验二 缓冲溶液的配制和性质	(6)
实验三 胶体的制备及性质	(11)
实验四 酸碱标准溶液的标定	(14)
实验五 小苏打片中 NaHCO_3 含量的测定	(17)
实验六 高锰酸钾标准溶液的配制与标定	(19)
实验七 双氧水中 H_2O_2 含量的测定	(22)
实验八 生理盐水中 NaCl 含量的测定	(24)
实验九 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	(26)
实验十 维生素 C 含量的测定	(29)
实验十一 漂白粉中有效氯含量的测定	(32)
实验十二 EDTA 标准溶液的配制与标定	(34)
实验十三 水样总硬度的测定	(37)
实验十四 分光光度法测定水中铁(Ⅲ)含量	(41)
第二部分 综合性实验	(45)
实验十五 醋酸离解平衡常数的测定与 HAc 含量的测定	(47)
实验十六 氧化还原反应	(51)
实验十七 洗衣粉中活性组分与碱度的测定	(55)
第三部分 设计性实验	(57)
实验十八 木耳(或黑豆)中铁(Ⅲ)含量的测定	(59)

实验十九 蛋壳中碳酸钙含量的测定	(60)
实验二十 中草药植物中总黄酮含量的测定	(61)
附录一 滴定分析实验仪器和基本操作	(62)
附录二 分析天平的结构和使用	(69)
附录三 pHs-3C 酸度计的使用	(78)
附录四 可见分光光度计的使用	(80)
参考文献	(82)
《基础化学实验》教学大纲	(83)

实验规则

1. 上实验课必须穿白大衣。进入实验室要低声轻步，不准谈笑，保持安静。
2. 实验前要预习。实验时要按照实验的目的要求和实验原理、步骤在教师指导下有条不紊地进行实验操作，认真做好实验记录和实验报告。
3. 爱护公共财物，正确使用各种仪器和药品，经常注意不要造成包括药品、仪器水电的任何浪费。
4. 实验室内应保持清洁整齐，火柴梗、废纸、废液及一切污染物应倒入废物缸内，不准倒入水槽，以免腐蚀或堵塞水管。
5. 实验完毕后，应将仪器洗净放置整齐，试剂药品排列好，桌面、地面都应打扫干净，最后检查水电和关好门窗。

实验安全预防措施

化学药品中，有很多是易燃、易爆、易腐蚀和有毒的，所以在进行化学实验时，必须在思想上十分重视安全问题，不能麻痹大意。为此需要熟悉一般的安全知识，严格遵守操作规程，维护实验室安全。

1. 一切有毒气体或恶臭物质的实验都应在通风柜中进行。
2. 关于易燃物质的一切实验，都应在离火较远的地方进行。酒精、汽油、醚、苯等易燃物质着火时，应立即用细沙或湿布去盖灭火焰，切勿用水浇。
3. 稀释浓硫酸时，应将浓硫酸缓缓倒入水中，切勿把水倒入浓硫酸内，以免发热沸腾飞溅伤人。
4. 在试管中加热溶液时，不要使试管口向着自己，也不要向着他人，应朝向实验室空处。
5. 酸、碱溅到皮肤或衣服上，应立即用自来水冲洗；酸溅到眼内时，应立即用稀释的 NaHCO_3 溶液冲洗；碱溅到眼内时，应用硼酸溶液冲洗。
6. 如遇炽热物引起烫伤时，可用浓高锰酸钾溶液把伤口略为湿润，使皮肤变为棕色。
7. 遇有意外事故发生时，应立即报告教师及时处理。

第一部分

基本操作和测定实验

实验一 分析天平和干燥器的使用

一、目的要求

1. 了解分析天平的构造和原理。
2. 掌握分析天平和干燥器的用法。
3. 学会用差减法称量样品。

二、仪器和试剂

仪器：TG-328B 型半自动电光天平，台秤，干燥器，称量瓶，烧杯。

试剂： $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 。

三、实验步骤

1. 直接称量法：从干燥器中夹取出一个称量瓶，经台秤预称后，在天平上分别称量瓶身、瓶盖的重量。
 2. 差减称量法：称两份 $0.3\sim 0.5\text{ g}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 。
- 分析天平的使用详见附录二。

思考题

1. 正确、快速地称量一份样品的关键是什么？
2. 天平称量时，是否需要像台秤那样，用纸片来垫被称物品和砝码？
3. 半自动电光天平 $0.99\sim 0.1\text{ g}$ 的砝码在哪里？如何加减？
4. 为什么判断砝码轻重时只半开天平？而读数时要全开天平？
5. 差减法中，倾出样品多于要求的重量范围时，是否可以用药勺从烧杯中取出多余的样品放回称量瓶中？为什么？
6. 有一位同学，用差减法称量一份样品时，先称量空称量瓶的重量 W_1 ，加样品后称得重量为 W_2 ，倾出全部样品，则得此份样品的重量为 $W_2 - W_1$ 。请问这一称量方法是否正确？为什么？

实验二 缓冲溶液的配制和性质

一、目的要求

1. 学习缓冲溶液的配制方法和酸度计的使用。
2. 深入理解缓冲溶液的性质。
3. 了解缓冲容量与缓冲剂浓度和缓冲组分比值的关系。
4. 练习吸量管的使用。

二、实验原理

缓冲溶液是由足够浓度的一对共轭酸碱组成的溶液。

它的 pH 值可用下式表示：

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{a}} + \lg \frac{[\text{共轭碱}]}{[\text{共轭酸}]}$$

因此，缓冲溶液 pH 值除了主要取决于 $\text{p}K_{\text{a}}$ 外，还随共轭酸和共轭碱的浓度比的变化而变化。若配制缓冲溶液所用的共轭酸、共轭碱的原始浓度相同，上式可改写为：

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{a}} + \lg \frac{V_{\text{共轭碱}}}{V_{\text{共轭酸}}}$$

这时只要按共轭酸、共轭碱溶液体积的不同比值配制溶液，就可以得到不同 pH 值的缓冲溶液。

由上述两公式算得的 pH 值是近似的（准确的计算应该用活度而不应该用浓度）。要配制准确 pH 值的缓冲溶液，可参考有关手册和参考书上的配方，它们的 pH 值是由精确的实验方法确定的。

缓冲溶液中具有抗酸成分和抗碱成分，所以加少量强酸或强碱于缓冲溶液中，其 pH 值不易改变。稀释也不影响溶液的 pH 值。

缓冲容量是衡量缓冲能力大小的尺度。它的大小与缓冲剂浓度、缓冲组分的比值有关，缓冲剂浓度越大，缓冲容量越大，缓冲组分比值为 1 : 1 时，

缓冲容量最大。

$$\beta = 2.303 \frac{[\text{共轭酸}][\text{共轭碱}]}{c_{\text{总}}}$$

$$\beta_{\text{极大}} = 0.576 c_{\text{总}}$$

三、仪器和试剂

仪器：pHS-3C 酸度计，10 ml 吸量管，烧杯，试管。

试剂：NaAc (1 mol/L、0.1 mol/L)，HAc (1 mol/L、0.1 mol/L)， NaH_2PO_4 (0.1 mol/L)， Na_2HPO_4 (0.1 mol/L)， NH_4Cl (0.1 mol/L)， $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (0.1 mol/L)，NaOH (2 mol/L、0.1 mol/L)，HCl (0.1 mol/L)，pH=10 的 NaOH 溶液，pH=4 的 HCl 溶液，甲基红指示剂，广泛 pH 试纸，精密 pH 试纸。

四、实验步骤

(一) 缓冲溶液的配制

通过计算，把配制下列三种缓冲溶液所需各组分的体积填入表 1 (总体积为 20 ml)。

表 1 三种缓冲溶液所需各组分的体积

缓冲溶液	pH 值	各组分的体积/ml		pH (实验值)
甲	4	0.1 mol/L HAc		
		0.1 mol/L NaAc		
乙	7	0.1 mol/L NaH_2PO_4		
		0.1 mol/L Na_2HPO_4		
丙	10	0.1 mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
		0.1 mol/L NH_4Cl		

按照表 1 中的用量，用量筒配制甲、乙、丙三种缓冲溶液于已标号的 3 只小烧杯中。用广泛 pH 试纸 (pH: 1~14 或 1~12) 测定它的 pH 值填入表 1 中。试比较实验值与计算值是否相符。(注意：这些缓冲溶液不要弃去，留待下面实验用)

(二) 缓冲溶液的性质

1. 缓冲溶液的抗酸、抗碱作用

(1) 取 2 支试管，在其中一支试管中加入 5 ml、 $\text{pH}=4$ 的缓冲溶液 [实验 (一) 的甲缓冲溶液]，另一支试管中加入 5 ml、 $\text{pH}=4$ 的 HCl 溶液，然后在 2 支试管中各加 5 滴 0.1 mol/L HCl 溶液，用 pH 试纸测量各试管中 pH 值的变化，记录实验结果 (表 2)。

表 2 $\text{pH}=4$ 的缓冲溶液的抗酸、抗碱作用

试管号	溶 液	加入酸或碱的量	pH 值
1	$\text{pH}=4$ 的缓冲溶液	5 滴 HCl	
2	$\text{pH}=4$ 的 HCl 溶液	5 滴 HCl	
3	$\text{pH}=4$ 的缓冲溶液	5 滴 NaOH	
4	$\text{pH}=4$ 的 HCl 溶液	5 滴 NaOH	

用相同的实验方法，试验 5 滴 0.1 mol/L NaOH 对两溶液的影响，记录实验结果 (表 2)。

(2) 用 $\text{pH}=10$ 的缓冲溶液 [实验 (一) 的丙缓冲溶液] 和 $\text{pH}=10$ 的 NaOH 溶液代替上面 $\text{pH}=4$ 的两种溶液，重做上述实验，记录实验结果 (表 3)。

表 3 $\text{pH}=10$ 的缓冲溶液的抗酸、抗碱作用

试管号	溶 液	加入酸或碱的量	pH 值
1	$\text{pH}=10$ 的缓冲溶液	5 滴 HCl	
2	$\text{pH}=10$ 的 NaOH 溶液	5 滴 HCl	
3	$\text{pH}=10$ 的缓冲溶液	5 滴 NaOH	
4	$\text{pH}=10$ 的 NaOH 溶液	5 滴 NaOH	

通过上面两个实验说明缓冲溶液有什么性质？

2. 缓冲溶液的稀释

在 4 支试管中，依次加入 $\text{pH}=4$ 的缓冲溶液、 $\text{pH}=4$ 的 HCl 溶液、 $\text{pH}=10$ 的缓冲溶液、 $\text{pH}=10$ 的 NaOH 溶液各 1 ml，然后在各试管中加入 10 ml 水，混匀后用 pH 试纸测量它们的 pH 值，记录实验结果 (表 4)。

表 4 缓冲溶液的稀释

试管号	溶 液	稀释后的 pH 值
1	pH=4 的缓冲溶液	
2	pH=4 的 HCl 溶液	
3	pH=10 的缓冲溶液	
4	pH=10 的 NaOH 溶液	

通过实验还说明缓冲溶液具有什么性质？

(三) 缓冲容量

1. 缓冲容量与缓冲剂浓度的关系

取 2 只 100 ml 的烧杯，在其中一只烧杯中加入 0.1 mol/L HAc 和 0.1 mol/L NaAc 各 5 ml，另一只烧杯中加入 1 mol/L HAc 和 1 mol/L NaAc 各 5 ml，这时 2 只烧杯内溶液的 pH 值是否相同？在 2 只烧杯内分别加入 2 滴甲基红指示剂，溶液呈何色（甲基红指示剂在 $\text{pH} < 4.2$ 时呈红色， $\text{pH} > 6.3$ 时呈黄色）？然后在 2 只烧杯中分别逐滴加入 2 mol/L NaOH 溶液（每加一滴均需摇匀），直至溶液的颜色变成黄色。记录各烧杯所加的滴数（表 5），解释原因。

表 5 缓冲容量与缓冲剂浓度的关系

烧杯号	溶 液	pH 值	加入 2 滴甲基红指示剂后溶液颜色	溶液变黄色时加入 NaOH 的滴数
1	5 ml 0.1 mol/L HAc + 5 ml 0.1 mol/L NaAc			
2	5 ml 1 mol/L HAc + 5 ml 1 mol/L NaAc			

2. 缓冲容量与缓冲组分比值的关系

取 2 只 100 ml 的烧杯，用吸量管在其中一只烧杯中加入 0.1 mol/L Na_2HPO_4 和 0.1 mol/L NaH_2PO_4 各 10 ml $\left[\text{即} \frac{V_{\text{HPO}_4^{2-}}}{V_{\text{H}_2\text{PO}_4^-}} = 1 \right]$ ，另一只烧杯中加入 18 ml 0.1 mol/L Na_2HPO_4 和 2 ml 0.1 mol/L NaH_2PO_4 $\left[\text{即} \frac{V_{\text{HPO}_4^{2-}}}{V_{\text{H}_2\text{PO}_4^-}} = 9 \right]$ ，用酸度计或 pH 精密试纸测量 2 份溶液的 pH 值，然后用吸量管在每只烧杯中加入 1.0 ml 0.1 mol/L NaOH，混合均匀，再用 pH 计或 pH 精密试纸（pH 5.5~9.0）测量它们的 pH 值，记录实验结果（表 6），解释原因。

表 6 缓冲容量与缓冲组分比值的关系

烧杯号	溶 液	$\frac{V_{\text{共轭碱}}}{V_{\text{共轭酸}}}$	pH 值	加 NaOH 后 pH 值
1	10 ml Na_2HPO_4 + 10 ml NaH_2PO_4	1 : 1		
2	18 ml Na_2HPO_4 + 2 ml NaH_2PO_4	9 : 1		

思考题

1. 缓冲溶液的 pH 值由哪些因素来决定？
2. 为什么缓冲溶液具有缓冲能力？
3. 现在欲配制 $\text{pH}=2$ 、 $\text{pH}=10$ 、 $\text{pH}=12$ 的缓冲溶液，应选下列哪种酸组成的缓冲剂比较好？ H_3PO_4 、 HAc 、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 H_2CO_3 、 HF 。
4. NaHCO_3 溶液是否具有缓冲能力？为什么？