

高等医药院校实验教材

(供医学、儿科、口腔、卫生专业用)

医学化学实验指导书

(教师用 基础化学部分)

第 一 版

西安医学院 安徽医学院 昆明医学院
青海医学院 贵阳医学院 蚌埠医学院 化学教研室编写
湛江医学院 新疆医学院 遵义医学院

一九八五年六月

前 言

根据1983年4月长春全国高等医学院校化学教材定稿会议，1984年5月南京全国高等医学院校《基础化学》教材讨论会的精神，按照高等医学院校化学教学大纲的要求，并配合《基础化学》第二版和《有机化学》第二版新教材，我们九院校化学教研室编写了这套医学化学实验教材。

本教材包括五个分册，即《基础化学实验指导》、《基础化学实验报告》、《有机化学实验指导》、《有机化学实验报告》和《医学化学实验指导书》。

为了体现高等医学化学实验教学的要求和特点，本教材编写时注意了以下几个方面。

一、加强基本操作训练。凡学习医学化学及相关后继课程中需要熟练掌握的化学基本操作，都分别在实验中作了安排。

二、加强基础实验，注重理论的验证、各种类型的实验方法的实践和常见仪器的使用，对无机化学、定性、定量分析化学、有机化学和物理化学及胶体化学等领域进行一些基础实验训练。在内容取材上尽可能考虑学科发展，又要打好较坚实的基础，而重点是放在打好基础上；我们也注意与中学教学的衔接和提高。

三、注重培养学生观察实验现象和思维的能力，加强启发性。编写各个实验时，尽量注意引导学生认真观察实验现象并积极思维，为此教师进行启发性的提问是必要的。每个实验后都附有几个思考题，便于针对性的预习和实验后引导学生进行小结。

四、实验内容较广泛。本教材选列实验较多，其中有基本操作、理论验证、理化常数的测定、物质的定性鉴定和定量测定、化合物

的性质、制备等等实验都有一定比例，使学生得到多方面的具体实践。

五、我们还探索性的试编了《医学化学实验指导书》，以便于各教师在平行班级管理实验时易于取得一致要求，同时也为青年教师更快地熟悉管理实验工作提供参考教案。

使用本教材应根据各校的实际情况，具体安排实验教学。我们认为：（一）不要受实验编排顺序的限制，（二）有关具体实验内容的选定更应视各校学时数、学生素质、实验室设备等实际情况，不强求一律，但要注意根据高等医学院校化学教学大纲的要求。本教材因系九院校联编，每个实验的原理部分有的叙述较为简炼，有的较为详尽，可根据需要自行增补或删除节。

本教材的审编是于仲辰（新疆医学院）、王振亚（青海医学院）、王铎安（贵阳医学院）、邢志东（遵义医学院）、金闻博（安徽医学院）、曹毓英（西安医学院）、蒋国昌（湛江医学院）。

本实验教材由安徽医学院和遵义医学院化学教研室发起并组织编写，在编写过程中，自始至终得到遵义医学院和安徽医学院各级领导的大力支持，安徽医学院承担了大量具体工作。许多兄弟院校的老师 and 同志们对本教材的编写给予了极大的关怀和热情鼓励，特别是医学化学同仁中的多位专家学者对初稿作了仔细审阅，提出许多宝贵的意见，给予我们很大的鼓舞和支持，在此表示衷心地感谢！

由于编写时间仓促，我们的水平有限，失误之处一定不少。我们恳切地希望兄弟院校的老师 and 同学在试用后提出宝贵的意见和建议。

西安医学院 安徽医学院 昆明医学院 青海医学院
贵阳医学院 蚌埠医学院 湛江医学院 新疆医学院
遵义医学院化学教研室

目 录

前 言

实验一	食盐的精制.....	(1)
实验二	溶液的配制.....	(5)
实验三	分析天平的使用.....	(9)
实验四	镁的当量测定.....	(16)
实验五	冰点降低法测分子量.....	(20)
实验六	化学反应速度.....	(24)
实验七	缓冲溶液的配制.....	(30)
实验八	醋酸电离平衡常数测定.....	(34)
实验九	常见阴阳离子的鉴定与混合离子的分析.....	(38)
实验十	酸碱滴定法.....	(41)
实验十一	螯合量法.....	(60)
实验十二	高锰酸钾滴定法.....	(66)
实验十三	碘滴定法.....	(70)
实验十四	比色法.....	(75)
实验十五	胶体溶液.....	(78)

实验一 食盐的精制

纯净的氯化钠为白色立方晶体或粉末。溶于水和甘油，几乎不溶于醇和浓盐酸。熔点 801°C ，沸点 1413°C ，比重 2.165 。在水中的溶解度随温度的升高而略有增加，例如：在 25°C 下为 36.1 ； 100°C 为 39.6 。

目的要求：

1. 通过实验要求学生熟悉重结晶法提纯物质的原理，加深溶解度的概念；

2. 要求学生运用中学已学过的化学知识，了解氯化钠提纯的化学方法及过程；

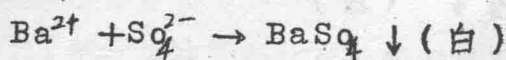
3. 要求学生正确掌握台秤、酒精灯或煤气灯的使用方法，学会常压及减压过滤、蒸发、结晶、干燥等基本操作；

4. 要求学生初步掌握液体的量取、化学试剂的取用等有关方面的知识。

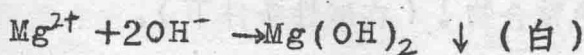
本次实验主要提问及参考答案：

1. 怎样除去粗食盐中的杂质、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 SO_4^{2-} 等离子？

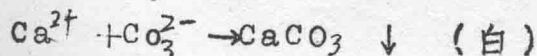
答：在不引进新的杂质离子或引进的杂质离子能在下一步操作中除去的原则下，可选择适当的沉淀剂来实现，如：选用 BaCl_2 可除去 SO_4^{2-} ，其反应式为：

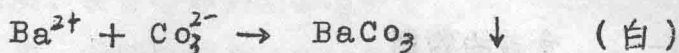


改变溶液的酸度可使 Mg^{2+} 沉淀，用 NaOH 则反应式为：



加入 Na_2CO_3 可使 Ca^{2+} ，及过量的 Ba^{2+} 沉淀，反应式为：





最后，少量的可溶性杂质 (KCl) 由于含量很少，在蒸发浓缩和结晶过程中仍留在母液中，不会与 NaCl 同时结晶出来，因为 KCl 的溶解度比 NaCl 的溶解度大。

2. 本实验为什么用 Na_2CO_3 除去 Ca^{2+} Mg^{2+} 等杂质，而不用别的可溶性碳酸盐，除去 CO_3^{2-} (过量沉淀剂) 为什么要用盐酸而不用别的强酸？

答：本实验中采用 Na_2CO_3 来除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等杂质离子，是为了避免引入新的杂质离子。除 CO_3^{2-} (过量) 采用 HCl 的道理也在这里。

3. 为什么用毒性很大的 BaCl_2 除 SO_4^{2-} ，而不用无毒的 CaCl_2 ？过量的 Ba^{2+} 应如何除去？

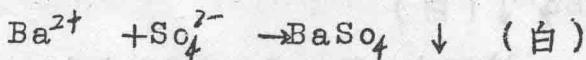
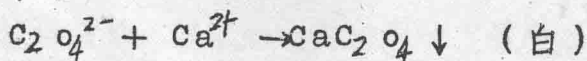
答：从毒性方面考虑，当然是选择 CaCl_2 好，但 CaCl_2 的加入不能使溶液中的 SO_4^{2-} 完全沉淀，达不到纯化食盐的目的，而采用 BaCl_2 这一沉淀剂就可以获得 SO_4^{2-} 含量甚微的食盐。

从溶解度方面也可以看出这一点， CaSO_4 的溶解度 0.21 而 BaSO_4 的溶解度只有 0.00024。

过量的 Ba^{2+} 可以与 Na_2CO_3 作用生成碳酸钡的沉淀而除之。

4. 怎样检验提纯后的食盐纯度？

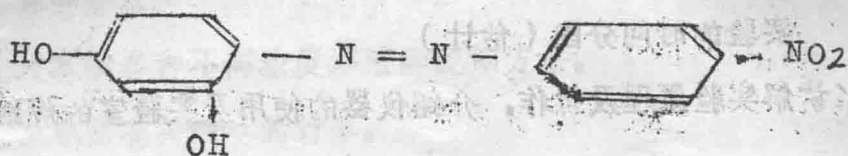
答：取 1 克提纯后的食盐，加水溶解之，分成三份，分别加入：
 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ， BaCl_2 ，镁试剂，其反应式如下：



镁试剂 + $\text{Mg}^{2+} \rightarrow$ 蓝色螯合物 \downarrow (在碱性条件下)。

若各试管内均无沉淀生成，则表示杂质离子已除尽。

镁试剂：对硝基苯偶氮间苯二酚；又称（镁试剂 I），在酸性溶液中为黄色，在碱性溶液中呈红色或紫色。其结构式为：



5. 如果产率过高，可能的原因是什么？

答：①干燥不完全，仍含有少量的水份；②由于 Na_2CO_3 和 HCl 的加入生成了 NaCl ，这样使得产率也可能偏高。

实验原理或操作的简单提示内容要点：

实验原理

氯化钠的提纯是采用经典的制备纯物质的方法之一——重结晶法。重结晶的原理是：利用固体物质在溶剂中的溶解度差异，将可溶性的化合物与不溶性的杂质加以分离，它的理论基础是溶质——溶液相平衡。

在进行重结晶法提纯物质时，选择适当的溶剂是十分重要的一环，用来作为提纯物质的溶剂必须具备以下条件：

- (1) 不与被提纯的物质发生化学反应；
- (2) 随温度变化，结晶物质的溶解度有明显的差别（本实验中的结晶物 NaCl 溶解度随温度变化很小）；
- (3) 对被提纯的物质比对杂质更易溶解；
- (4) 容易用蒸发或洗涤的方法进行结晶分离；
- (5) 有利于溶质的结晶。

实验小结要点：

- (1) 了解学生在实验之前的预习情况；
- (2) 根据实验中学生的操作情况，予以总结，提出问题以及纠正方法；
- (3) 根据产率，纯度及同学在操作中遇到的问题，让同学简单谈谈实验后的体会；

(4)检查实验报告, 打扫实验室卫生;

(5)布置下一次实验内容;

实验的时间分配(估计)

1.讲解实验原理及操作, 介绍仪器的使用及实验室的规则等

40分钟

2.学生操作

110分钟

3.小结

10~20分钟

(蚌埠医学院 张利民)

参考资料

- (1)高等学校试用教材《无机化学》 上海化工学院编
- (2)大连工学院《无机化学》下册 人民教育出版社 1983年7月
- (3)武汉大学等五校《分析化学》 人民教育出版社 1979年3月
- (4)《冶金分析试剂的提纯与配制》冶金工业出版社 1973年6月
- (5)刘洪范编写 《化学实验基础》山东科学技术出版社 1983年4月
- (6)中山大学、辽宁大学编写《无机化学实验》

人民教育出版社 1978年9月

实验中可能遇到的物质溶解度:

NaCl 35.7 KCl 34.7 CaCO_3 0.0013
Mg(OH)₂ 0.0005 BaSO₄ 0.00024 BaCO₃ 0.0017
CaSO₄ 0.21

实验二 溶液的配制

目的要求：

1. 掌握各种不同浓度溶液的配制方法。

2. 熟悉有关浓度的计算。

3. 学会使用比重计、移液管和容量瓶。

有关问题及参考答案：

1. 什么叫溶液的浓度？

答：溶液的浓度是指一定量溶液或溶剂中所含溶质的量。根据不同的需要，溶液的浓度可以用不同的方法来表示，主要有：百分浓度、比例浓度、摩尔浓度、当量浓度和克式量浓度。

2. 浓溶液、稀溶液、饱和溶液和不饱和溶液的概念：

答：不论在医学上还是在化学上，经常会用到浓溶液、稀溶液、饱和溶液和不饱和溶液等概念。这些基本术语其实质是对溶液浓度的定性描述。我们常用浓溶液和稀溶液这两个概念来表示溶液中溶质的大致含量，通常我们把溶液的浓度在30%以上的溶液称为浓溶液，而把溶液浓度在30%以下的称为稀溶液。

饱和溶液指的是在一定温度下固体物质的溶解速度和溶液中溶质的结晶速度相等时，此刻结晶和溶解达到动态平衡。溶液的浓度不再改变，达到某一稳定状态。这样的溶液称为饱和溶液。溶液中如果还能继续溶解同种溶质，这样的溶液就是该溶质的不饱和溶液。

饱和溶液和浓溶液、不饱和溶液和稀溶液不是完全等价的，它们没有严格的对应关系，是二个不同的概念，不能互相混淆。

3. 过饱和溶液形成的原因与稳定因素

答：饱和溶液是溶液的浓度已达到液、固两相共存时的平衡值的溶液。这个平衡值称为饱和值。当溶液的浓度超过饱和值但仍未析出沉淀的溶液叫做过饱和溶液。过饱和溶液可能存在的原因是由于在这种溶液中缺乏结晶中心（晶核）。即溶液中不容易形成结晶中心。因为形成晶体的组成质点在空间都有一定的排列次序，而且要形成晶体，首先必须有结晶中心存在，才能使原来在溶液中作无规则运动的溶质质点按照所形成特定晶体所特有的排布规律集合起来而形成晶体析出。不同物质这种排布方式不同，因而难易程度也不同。有些晶体要经过相当长时间才能自行产生结晶中心，因此有些物质可以形成相当稳定地过饱和溶液。

4. 液体的混溶性：

答：混溶性是用来描述液体的术语，它表示一种液体在另一种液体中的溶解度。有些液体可以以任何比例而与水相混合。这种液体分子往往是强极性分子，它们的极性特征和水极性相似。对于这类极性液体来说，它与溶剂分子之间的吸引作用和溶剂分子之间的吸引作用差不多，因此这两类分子可以任何比例互相混合。

液体能以任何比例与水相混合时，我们说它是和水完全互相混溶的。如乙醇、硫酸、甘油等。非极性共价型分子和水分子之间没有有效的吸引，而只有水分子之间有有效吸引，故水分子可以把非极性共价型分子液体“挤出去”并使它们几乎完全不溶于水中。我们说这种液体同水不能互相混溶。如汽油、二硫化碳、四氯化碳等。一些液体有微弱的极性，因而可与水分子产生微弱的引力，在水中有部分溶解。我们称它们与水为部分互相混溶。如乙醚、溴等。

注 意 事 项：

1. 容量瓶是用来配制当量浓度、摩尔浓度的溶液器皿，常和移液管或吸量管配合使用。量筒是常用来配制百分浓度和比例浓度的溶液器皿。

2. 决不允许把浓硫酸、浓盐酸、固体 NaOH 撒在实验台上和地上如有不慎，应立即用水冲洗。

3. 称取固体 NaOH 时不能用手直接拿取。也不许直接放在台称托盘上称量。

4. 配制硫酸溶液时，不允许将水注入浓硫酸中，而是将浓硫酸在边搅拌的情况下缓慢注入水中。

5. 不允许伪造数据和实验现象。

6. 认真填写实验报告。

7. 实验结束，必须清洗所用仪器。

本次实验小结要点：

1. 本次实验内容预习情况。

2. 仪器使用是否规范？

3. 实验态度认真与否？

4. 实验结果成败情况。

5. 下次实验内容简要提示和预习任务的布置。

时间分配

1. 检查和提问

5—10分钟

2. 讲述本次实验原理、有关仪器的使用方法、操作要点、

注意事项，实验报告填写方法等

30—40分钟

3. 学生实验

70—90分钟

4. 小结、打扫卫生

10—20分钟

参考书目：

(1) 丁绪亮主编：《基础化学》

人民卫生出版社 (1984)

(2) 刘 珍主编：《化验员读本》下册

化学工业出版社 (1983)

(3) 中山大学等校编：《无机化学实验》

人民教育出版社 (1978)

(4) 淮北煤炭师范学院编：《无机化学实验》

(5) 蚌埠医学院 化学教研室编《无机及分析化学实验》

蚌埠医学院 李乐庆

实验三 分析天平的使用

一、目的要求

1. 介绍天平称量原理（等臂杠杆原理）；

2. 对照天平了解主要部件；

3. 知道使用天平和砝码的规则；

4. 差减法称量进行示范；

5. 正确记录称量结果。

二、讲解内容

1. 第一类杠杆原理——见实验书 P () 可以让学生自学。

需指出天平称出的是质量，习惯说“重量”。

2. 天平的主要部件——横梁、立柱、天平箱、砝码（游码或电光天平光学读数系统）。

3. 简述天平的分类

按天平结构不同分类——见实验书 P。

按天平的相对精度分类——根据《天平检定规程 JJG98-72（试行本）》的规定，按天平名义分度值与最大载荷之比把天平分为 10 级。一级天平精度为 1×10^{-7} ，二级天平为 2×10^{-7} ，三级天平为 5×10^{-7} ，四级天平为 1×10^{-6} 等等。一级天平精度最好，十级天平（ 1×10^{-4} ）最差。

例如载荷为 200 g，分度值（感量）为 0.1 毫克的天平，其精度为：

$$\frac{0.0001 \text{ 克}}{200 \text{ 克}} = 5 \times 10^{-7}$$

这种天平相当于三级天平。

在选用天平时，不仅要注意天平的精度级别，还必须注意最大载荷。因为，虽然分度值不同，但由于其最大载荷的不同，而精度级别可能属于同一级。

例：某天平最大载荷为20公斤，分度值为10毫克，其精度为 $\frac{0.01 \text{ 克}}{20,000 \text{ 克}} = 5 \times 10^{-7}$ ，也是三级天平，但与最大载荷200

克的三级天平用途完全不同。

4. 天平的检查

(一) 称前检查天平横梁、秤盘、吊耳的位置是否正常，天平是否水平。转动升降旋钮使梁轻轻落下，观察指针摆动（或光幕移动）是否正常。

(二) 零点的测定及调节

交代零点和停点的区别，结合称量物体进行测定示范。

(三) 灵敏度或分度值的测定

在测定天平零点之后，用游码加于右侧1毫克处（电光天平通过加或减10mg标准砝码），再测天平的停点。零点与停点之差，即是天平空盘时的灵敏度（格/毫克）。

$$\text{分度值 (感量)} = \frac{1}{\text{灵敏度 (格/毫克)}} = \quad (\text{毫克/格})$$

分析天平技术数据

型 号	最大载荷	分度值	相对精度
T G 528B	200克	不大于0.4毫克	2×10^{-6}
T G 629B	100克	不大于0.4毫克	4×10^{-6}
T G 328B	200克	0.1毫克	5×10^{-7}
T G 328A	200克	0.1毫克	5×10^{-7}

所测得的灵敏度过高或过低时，由修理人员调节重心螺丝进行校正。

(四) 实物称量——恢复零点法

(1) 一般天平称物放天平左盘，砝码放天平右盘，按砝码组合，用镊子从大到小逐一试加，最后用游码调节到停点与零点基本一致。

则 物重 = 砝码重

电光天平是从光幕上所示的读数再加砝码克数来计算物重。

用灵敏度法计算物重：(供参考，不一定介绍)

刻度标牌中间为零，左为负，右为正(或左边值小，右边大)

用下式计算：

$$\text{物重} = \text{砝码重} + (\text{停点} - \text{零点}) \times \text{分度值} \times \frac{1}{1000}$$

若刻度标牌最右边是零，正中是10，最左边是20，则用下式计算：

$$\text{物重} = \text{砝码重} + (\text{零点} - \text{停点}) \times \text{分度值} \times \frac{1}{1000}$$

(2) 加减砝码的原则一般是“由大到小，折半加入”，即增减砝码的质量，是以每次最后加入的砝码的一半质量为根据。这样，可以提高称量速度。例如：天平称物重时，在右盘加20克砝码后，若太轻，此时应再加上10克砝码；若又太重，则应将10克砝码取出，换上5克砝码。按这种加减砝码的方式，直至称量平衡。

在试加砝码的过程中，可将升降旋钮半开(手不要松开)，若天平指针向左方倾斜(或光幕标尺向右方移动)，表示天平右盘砝码过重，这时应换上较轻的砝码。反之，应加较重的砝码。直至最后多加10毫克砝码嫌重，少加10毫克砝码又嫌轻时，才将升降旋钮全开。否则，天平梁倾斜过大，易使吊耳脱落。

(3) 称量结果写在记录本上(不能记在纸片上)，可根据砝码盒中

空位记录，将砝码取回盒内的固定位置时，再复核一遍。

(4)电光天平自动加减砝码时，应一档一档地慢慢进行，防止砝码跳落或互撞。

(5)遵守天平使用规则。

(五) 试剂或试样的称量

结合称量规则，示范减重法称物重。内容由指导老师布置。

(六) 小结要点

结合思考题进行小结。

(七) 时间分配 若一次实验为150分钟。老师交代和示范约50分钟，学生分组(二人交替使用一部天平，但每人都必须独立操作)称量练习100分钟。

(八) 注意学生易犯的毛病

(1)没有按规则进行操作：取放称物和加减砝码时必须将升降枢关上。特别是使用小片码和游码时易犯。

(2)使用10毫克以上的砝码，开动升降枢时，只能在半开状态。用到10毫克及10毫克以下砝码时，才可全开旋钮。否则天平梁倾斜过大易使吊耳脱落或梁的刀口移位。

(3)天平载重时指针偏向左方或右方，电光天平光幕右移或左移，常常弄不清需加砝码还是减砝码。

(4)使用片码后，没有按原有位置分别放回盒中。称量完毕游码没有取回盒中。有时违反规则将砝码放书本上。用镊子取小片码时，手法和用力不当，易弄飞小片码，甚致使其变形。

(5)使用游码，电光天平用圈码时，忘记关天平门。

(6)电光天平用指数盘加减圈码时，不注意一档一档地进行，旋钮

过快易使圈码跳落或互相碰变形。

(7)个别学生称量完毕，没有将天平复原休止状态，砝码按原位置清理好，就离开天平室。

(8)记录称量结果没有按砝码盒位逐个记录，取回原位置，再逐个核对。记录时，切忌用笔尖指砝码在盒中的位置和接触砝码。记录游码读数，以中央零刻线为界，不知左减，只知右加。记录数的单位用克，常不知记到小数后第四位。

(9)计算结果，需将毫克换算为克，简单办法，将毫克砝码的总和补足零到百位，在前面加上小数点即成。

例：将500毫克、20毫克、3毫克化为克

523毫克 $\xrightarrow{\quad}$ 0.523克
或 23毫克 $\xrightarrow{\quad}$ 0.023克

为纠正学生易犯的毛病，必须向学生交代天平的经济价格，特别是电光天平比一部黑白电视机要贵，必须遵守天平使用规则，否则后果自负。

〔注〕摇摆分析天平的使用，可参阅南京药学院主编，分析化学，62页，72页，人民卫生出版社，(1979)。

参考资料

1. 华中师范学院、东北师大、陕西师大编，分析化学实验，59页，人民教育出版社(1981)。

2. 武汉大学等三校编，分析化学实验，34页、71页，人民教育出版社(1978)。

3. 南京药学院主编，分析化学，62页，人民卫生出版社。