



高等教育“十一五”规划教材

高职高专专业基础课教材系列

# 无机及分析化学

徐春霞 钟开龙 主编



科学出版社  
www.sciencep.com

高等教育“十一五”规划教材

高职高专专业基础课教材系列

# 无机及分析化学

徐春霞 钟开龙 主编

科学出版社

北京 北三环

## 内 容 简 介 “五一十” 育 师 学 高

本书是根据相关行业实际要求,本着理论知识“必需、够用”的原则,对无机化学和分析化学教学内容进行适当地删选、革新和融合,组成了一个新的教学体系,力求突出“以应用为主旨”的教学思想,满足“双证融通”的教学需要,体现高职高专院校培养高技能人才的需要。

全书共14章,主要包括气体和溶液、化学热力学基础、化学平衡和化学反应速率、物质结构、四大平衡和四大滴定分析、吸光光度法、重要元素及其化合物、常用的分离方法、电位分析法等内容,并在章后附有相关实验技能训练。

本书既可作为高职高专院校化工类、环境类、食品类、生物类等专业的教材,也可作为农学、林学、医学、药学等其他专业的教材和参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学/徐春霞,钟开龙主编. —北京:科学出版社,2010.4  
(高等教育“十一五”规划教材·高职高专专业基础课教材系列)  
ISBN 978-7-03-027074-0

I. ①无… II. ①徐…②钟… III. ①无机化学-高等学校:技术学校-教材②分析化学-高等学校:技术学校-教材 IV. ①O61②O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第049077号

责任编辑:周 恢/责任校对:赵 燕  
责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16  
2010年4月第一次印刷 印张:28 1/2  
印数:1—3 000 字数:679 000

定价:46.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8212

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

# 前 言

本书汲取了近年来各校教学内容和课程体系改革的优秀成果，并结合高职高专教育特色和作者多年的教学经验编写而成。编写过程力求以下特点：

(1) 较高的科学性、系统性、先进性和实用性。本书重点将分析化学和无机化学有机整合为一体，突出两条主线：一是四大化学平衡的原理及其应用，改变了以往原理和应用分离的状况；二是将元素化学及离子的鉴定与检出融合在一起，使内容体系有新意，内容衔接更自然、合理，凸显相关行业实际，满足“双证融通”的教学需要。

(2) 结构合理，难易适度。本着理论知识“必需、够用”的原则，精简烦琐的计算推导，删除过深的理论阐述，着重体现“以应用为主旨”的教学思想。各章后的“习题”与“实验技能训练”，密切结合工业生产与生活实际，旨在强化学生的职业技能和解决问题的能力，使之达到职业技能的鉴定要求，突出培养高技能人才的特点。

(3) 贯彻以学生为主体的教学理念，引导学生自主学习。各章前有“学习指南”，章后有“习题”，采用法定计量单位和最新的国家标准或行业标准。

近年来，国内许多高校对非化学专业化学基础课教学内容和课程体系进行了改革，整合开设“无机及分析化学”课程是一种有效尝试并已得到广泛认同。本书作为基础化学系列教材之一，既可以作为高职高专院校轻纺、化工、环境等专业的教材，也可作为农学、林学、医学、药学等其他专业的教材和参考书。考虑到各专业对无机及分析化学的需要，对于有“\*”的标题，各校可根据教学情况进行讲授或删减。

本书共分十四章，由徐春霞和钟开龙任主编，王水婷、毛海荣、陈思顺、薛蔓、许英、谢建刚任副主编，参加编写的人员有：河南大学化学化工学院许英（第1、2章，附录）；开封教育学院薛蔓（第3、12章）；郑州师范学院毛海荣（第4、12章），王玲（第5章），王水婷（第6章），徐春霞（第8章，附录），谢建刚（第9章）；南京化工职业技术学院钟开龙（第7、10章），王存孝（第14章）；河南漯河职业技术学院陈思顺（第11、13章）。全书由主编、副主编统稿、修改，最后由徐春霞通读、定稿。全书由郑州师范学院秦会安和南京化工职业技术学院王建梅主审，并提出了修改意见。

本书在编写过程中得到了参编学校有关领导的大力支持，参阅了一些兄弟院校的教材，并汲取了一些宝贵经验，在此表示衷心的感谢。

虽然编者都是多年以来一直从事无机化学或分析化学课程教学的教师，但毕竟各校情况不同，编写风格各异，再加上编者水平有限，难免有疏漏与不妥之处，恳请读者批评指正。

# 目 录

前言	1
<b>第 1 章 绪论</b>	1
1.1 无机及分析化学课程的任务	1
1.2 无机及分析化学课程的基本内容	1
1.3 无机及分析化学课程的学习方法	2
1.4 实验技能训练	2
<b>第 2 章 气体和溶液</b>	13
2.1 气体	13
2.2 溶液	15
2.3 稀溶液的依数性	18
2.4 电解质溶液理论简介	24
2.5 胶体溶液	26
<b>第 3 章 化学热力学基础</b>	33
3.1 化学热力学的基本概念	33
3.2 热力学第一定律	36
3.3 化学反应的热效应	38
3.4 化学反应的方向	44
<b>第 4 章 化学平衡和化学反应速率</b>	52
4.1 可逆反应和化学平衡常数	52
4.2 化学平衡的移动	56
4.3 化学反应速率的概念及表示方法	60
4.4 影响化学反应速率的因素	62
4.5 实验技能训练	67
<b>第 5 章 定量分析概论</b>	74
5.1 概述	74
5.2 定量分析中的误差	79
5.3 分析数据的处理	86
5.4 滴定分析概述	92
5.5 基准物质和标准溶液	94
5.6 滴定分析的计算	97
5.7 实验技能训练	98
<b>第 6 章 酸碱平衡与酸碱滴定法</b>	108
6.1 酸碱质子理论	108
6.2 酸碱平衡	112

6.3	缓冲溶液 .....	121
6.4	酸碱指示剂 .....	124
6.5	酸碱滴定曲线及指示剂的选择 .....	127
6.6	酸碱滴定法的应用 .....	134
6.7	实验技能训练 .....	139
<b>第7章</b>	<b>沉淀溶解平衡与沉淀滴定法 .....</b>	<b>150</b>
7.1	难溶电解质的沉淀溶解平衡 .....	150
7.2	沉淀滴定法 .....	158
*7.3	重量分析法 .....	163
7.4	实验技能训练 .....	170
<b>第8章</b>	<b>氧化还原平衡与氧化还原滴定法 .....</b>	<b>178</b>
8.1	氧化还原反应 .....	178
8.2	原电池和电极电势 .....	184
8.3	氧化还原滴定法 .....	198
8.4	实验技能训练 .....	212
<b>第9章</b>	<b>物质结构 .....</b>	<b>223</b>
9.1	原子核外电子的运动状态 .....	223
9.2	原子核外电子的排布 .....	230
9.3	元素性质的周期性变化 .....	235
9.4	化学键 .....	239
*9.5	分子间的作用力 .....	254
*9.6	晶体结构 .....	260
<b>第10章</b>	<b>配位平衡与配位滴定法 .....</b>	<b>266</b>
10.1	配位化合物 .....	266
10.2	配位平衡 .....	273
10.3	配位滴定法 .....	278
10.4	实验技能训练 .....	290
<b>*第11章</b>	<b>吸光光度法 .....</b>	<b>297</b>
11.1	吸光光度法的基本原理 .....	298
11.2	比色法与分光光度法 .....	302
11.3	显色反应和显色剂 .....	307
11.4	实验技能训练 .....	313
<b>*第12章</b>	<b>重要元素及其化合物 .....</b>	<b>319</b>
12.1	概述 .....	319
12.2	非金属元素及其化合物 .....	321
12.3	常见阴离子的检验 .....	342
12.4	金属元素及其化合物 .....	345
12.5	常见阳离子的检验 .....	361
12.6	常见阳离子的系统定性分析法 .....	366

12.7 实验技能训练 .....	370
* 第 13 章 无机及分析化学中常用的分离方法 .....	377
13.1 沉淀分离法 .....	377
13.2 溶剂萃取分离法 .....	381
13.3 离子交换分离法 .....	386
13.4 层析分离法 .....	389
13.5 实验技能训练 .....	392
* 第 14 章 电位分析法 .....	396
14.1 电位分析法基本知识 .....	396
14.2 直接电位法 .....	406
14.3 电位滴定法 .....	410
14.4 实验技能训练 .....	414
附录 .....	419
部分习题参考答案 .....	441
主要参考文献 .....	447
元素周期表 .....	449

## 第 1 章 绪 论

### 1.1 无机及分析化学课程的任务

无机及分析化学是研究测定物质组成的分析方法及其相关理论的科学。无机及分析化学课程是高等学校生物类、化工类、环境类、医学类、农林类、食品类、材料类、国防公安类等相关专业必修的一门化学基础课程。它是培养上述各类专业技术人才的整体知识结构及能力结构的重要组成部分，同时也是学习后续化学课程的基础。

通过本课程的学习，使学生掌握无机及分析化学的基础知识、基本理论、基本方法，初步构造学生整体知识结构框架；培养学生初步具有查阅和自学无机及分析化学书刊、选择正确的分析测试方法、表达分析测试结果的能力，并能理论联系实际，分析解决实际问题；养成具有严谨、细致、实事求是的科学作风，并为学生学习后续化学课程、了解相关学科的发展、掌握新的科学技术及从事专业实践打下良好的基础。

### 1.2 无机及分析化学课程的基本内容

无机及分析化学是对无机化学和分析化学的基本理论、基本知识进行优化组合而成的一门课程。无机及分析化学课程的基本内容如下：

#### 1. 物质结构理论

研究原子结构、分子结构和晶体结构的基本理论与规律，了解物质的性质、化学反应与结构之间的关系。

#### 2. 化学平衡理论

研究化学平衡的基本原理以及平衡移动的基本规律，具体讨论酸碱平衡、沉淀生成与沉淀溶解平衡、氧化还原平衡和配位平衡。

#### 3. 元素化学

在元素周期律的基础上，研究一些主要元素及其化合物的结构、组成、性质及其变化规律，了解这些重要元素及其重要化合物在有关领域的应用。

#### 4. 化学分析法及有关理论

利用平衡原理和物质的化学性质，确定物质的化学成分及测定各组分的含量。掌握一些基本的分析方法。

因此，无机及分析化学课程的基本内容可以简单归纳为“结构”、“平衡”、“性质”、“应用”。学习无机及分析化学，就是要理解并掌握物质结构的基本理论、化学反应的基



本原理及其具体应用、元素化学的基本知识以及化学分析的基本方法、原理与计算，培养运用无机及分析化学的理论去解决一般无机及分析化学问题的能力。

### 1.3 无机及分析化学课程的学习方法

无机及分析化学涉及到的知识点多，公式多，而课堂教学时数有限，如果仅仅把知识混杂在一起记忆、理解并掌握，学生不但疲惫不堪，也很难真正做到理论联系实际，学以致用。下面介绍几种学习本课程的方法。

#### 1. 掌握重点，突破难点

本学科新知识增长较快，课堂上教师提供的信息量较大。因此学生在了解各章节学习要求的前提下，要做好课前预习，带着问题听课，并适当做些课堂笔记。课后在复习巩固过程中，对重点内容要做到学懂学会，领会贯通，并可以用理论知识去分析解决实际问题；对于难点，要做具体分析，有的难点是重点，有的难点并非重点。

#### 2. 理论联系实际

无机及分析化学设有理论和实验课，它们是一个整体，是互相补充和完善的。不能为了做实验而实验，应做到结合实验，巩固、深入、扩大理论知识，并运用理论知识分析解决实际问题。另外，在实验过程中，训练规范的基本操作与基本技能，培养实事求是的科学态度、耐心细致的工作作风及分析问题、解决问题的能力。

#### 3. 由“点”到“线”记忆

化学，相对于物理、数学来说，记忆的东西较多。古人云：“熟读唐诗三百首，不会作诗也会吟”，“书读百遍，其义自见”，其宗旨是强调记忆，在记忆中体会、深化、升华。本书提供的大量知识信息，对基础知识、基本理论要反复应用方能理解，在理解中才能进行记忆；另外，每学完一章，应对该章内容（包括基本概念、基本原理、基本公式和有关计算）进行书面归纳、概括、总结，由“点”的记忆汇成“线”的记忆。

#### 4. 注重自学

由“学会”上升到“会学”，是一种能力的拔高。人不是机器，不可能把所有的知识、资料都装在脑子里，再者，科学信息在突飞猛进，信息化社会已经到来。因此，学生要着重培养自学能力，初步学会如何获取信息与知识。学会充分利用图书馆、资料室以及校园网，通过适当参阅有关参考书或参考资料，帮助自己更深刻地理解与掌握无机及分析化学的基本理论和基本知识，提高自学能力。

### 1.4 实验技能训练

#### 1.4.1 无机及分析化学实验常用仪器的认领与洗涤

##### 1. 训练目标

##### (1) 认识无机及分析化学实验常用仪器。

## (2) 掌握化学实验常用玻璃仪器的洗涤与干燥方法。

### 2. 实验用品

仪器：无机及分析化学实验常用仪器一套。

洗涤液：铬酸洗液、洗衣粉、洗洁精等。

### 3. 基本操作——玻璃仪器的洗涤及干燥

#### 1) 玻璃仪器的洗涤

为了保证实验结果的正确，实验仪器必须洗涤干净。洗涤时应根据污物性质和实验要求选择不同方法。一般而言，附着在仪器上的污物既有可溶性物质，也有尘土、不溶物及有机物等。常见洗涤方法有以下几种。

(1) 刷洗法。用水和毛刷刷洗仪器，可以去掉仪器上附着的尘土、可溶性物质及易脱落的不溶性物质。注意：使用毛刷刷洗时，不可用力过猛，以免戳破容器。

(2) 合成洗涤剂法。去污粉是实验室常用的清洗剂。它是由碳酸钠、白土、细砂等混合而成，利用 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 的碱性具有较强的去污能力，加之细砂的摩擦作用、白土的吸附作用增加对仪器的清洗效果。

先将待洗仪器用少量水润湿后，用湿的毛刷蘸取少量去污粉，对仪器进行擦洗，注意里外都要刷洗。然后用自来水刷洗干净，最后用蒸馏水淋洗，以除去自来水中带来的钙、镁、铁、氯等离子。每次蒸馏水的用量要少（本着“少量、多次”的原则）。

其他合成洗涤剂（如洗衣粉、皂粉等）也有较强的去污能力，使用方法类似于去污粉。

(3) 铬酸洗液法。铬酸洗液是由浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 混合而配制成的一种强氧化性、强腐蚀性的洗涤剂。其配制比例和方法是：将2.5g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 加5mL水溶解（不溶可加热），冷却后，在不断搅拌下，慢慢加入45mL浓 $\text{H}_2\text{SO}_4$ （当心！），冷却后即可使用。

该洗液呈深褐色，具有强酸性、强氧化性，对有机物、油污等的去污能力特别强，是化学实验室洗涤玻璃仪器常用的洗涤剂。用去污粉洗不干净的仪器可在倒尽残留的水后，加入少量铬酸洗液浸润，稍过一段时间，将洗液倒回原瓶。然后再用自来水冲洗、蒸馏水淋洗干净。

注意：铬酸洗液可反复使用，使用中要避免洗液仪器中残留的水分稀释，用后立即倒回原瓶并盖紧瓶塞密闭，以防浓硫酸吸水而使洗液失效。当洗液呈现出绿色时，说明洗液即失效，可再加入适量 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 加热溶解后继续使用。实验中常用的移液管、容量瓶和滴定管等具有精确刻度的玻璃器皿，一般选择用铬酸洗液进行洗涤。但铬酸洗液具有强腐蚀性和毒性，一般尽量少用。

(4) “对症”洗涤法。针对附着在玻璃器皿上不同物质的性质，采用一些特殊的洗涤方法。例如，瓷研钵内的污迹，可用少量的食盐放在研钵内研磨，倒去食盐，再用水洗净；蒸发皿和坩埚上的污迹，可用浓硝酸，王水（浓硝酸：浓盐酸=1：3）或铬酸洗液洗涤；硫磺用煮沸的石灰水；难溶硫化物用 $\text{HNO}_3$ 加 $\text{HCl}$ （必要时加热）洗涤；附在器壁上的铜或银可用 $\text{HNO}_3$ 洗涤；黏附的 $\text{AgCl}$ 用氨水；煤焦油用浓碱；黏稠焦油状有

肌物用回收的有机溶剂浸泡； $\text{MnO}_2$ 用草酸溶液或热浓盐酸溶解；用  $\text{NaOH}$  加乙醇溶液洗涤附着有机物的玻璃器皿等。

光度分析中使用的比色皿等由光学玻璃制成，不能用毛刷刷洗，可用  $\text{HCl}$ -乙醇浸泡、润洗。

玻璃仪器洗净的标准是：器壁清洁透明，水沿器壁流下，形成水膜而不挂水珠。

## 2) 玻璃仪器的干燥

有些实验要求仪器必须是干燥的，根据不同情况，可采用下列方法将仪器干燥。

(1) 晾干。对于不急用的仪器，洗净后，可倒置于干净的实验柜内或仪器架上，任其自然干燥。

(2) 烤干。急用的仪器（如烧杯、蒸发皿等）外壁擦干后，可放在石棉网上，用小火烘烤。试管可用试管夹夹住后，管口稍向下倾斜，在火焰上来回移动、翻转试管，开始先加热试管底部，待底部水分赶尽后沿着从底部到管口方向加热试管，以便把水汽赶走。

(3) 烘干。将仪器放入电热干燥箱中，控制温度在  $105^\circ\text{C}$  左右烘干。待烘干的仪器在放入干燥箱前应尽量将水倒净并放在搪瓷托盘上。注意，此法不能用于精密度高的容量器皿。

(4) 吹干。将仪器倒置控去水分，并擦干外壁，用电吹风的热风把仪器吹干，也可使用专用的气流烘干机进行吹干。

(5) 有机溶剂干燥法。洗净后的仪器倒干水后，往仪器内倒入少量酒精或酒精与丙酮的混合液（体积比为 1:1），使仪器内壁均匀润湿后倒出，再将仪器口向上，使有机溶剂挥发，或向仪器内吹入冷空气使之挥发加快。

## 4. 实验内容

(1) 学习无机及分析实验的目的、实验室规则和安全守则。

(2) 认领仪器。按仪器清单逐一清点仪器，并熟悉仪器的形状、规格和主要用途。

(3) 仪器的洗涤和干燥。

① 将所领取的仪器洗涤干净后，放在柜子里。

② 烘干两支试管，一只烧杯，交给老师检查。

## 5. 思考题

(1) 烘干试管时为什么管口要略向下倾斜？带有刻度的计量仪器为什么不能用加热的方法干燥？

(2) 使用铬酸洗液洗涤仪器时应注意哪些事项？新配制的铬酸洗液是什么颜色？怎样判断铬酸洗液是否已经失效？

(3) 常用的玻璃仪器可用哪些方法洗涤？怎样判断玻璃仪器是否已洗涤干净？

### 1.4.2 粗盐的提纯

#### 1. 训练目标

(1) 学习氯化钠提纯的一般方法和基本原理。

(2) 练习溶解、过滤、蒸发浓缩、结晶、pH 试纸使用、化学试剂的取用等基本操作。

(3) 掌握  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^{+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  的定性检验方法。

## 2. 实验用品

仪器：台秤，烧杯（100mL），吸滤瓶，布氏漏斗，真空泵，蒸发皿，三角架，石棉网，酒精灯，玻璃棒，量筒（10mL 与 50mL 各 1 个），洗瓶，试管等。

试剂：粗食盐， $\text{HCl}$  ( $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )， $\text{NaOH}$  ( $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )， $\text{HAc}$  ( $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )， $\text{BaCl}_2$  ( $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )， $\text{Na}_2\text{CO}_3$ （饱和）， $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ （饱和），六硝基合钴（Ⅲ）酸钠（饱和），镁试剂等。

材料：pH 试纸，滤纸等。

## 3. 基本操作——溶解、蒸发（浓缩）、结晶、减压过滤、pH 试纸的使用、化学试剂的取用

### 1) 固体的溶解

固体的颗粒较小时，可用适量水直接溶解。固体的颗粒较大时，为了加速固体的溶解，先用干净干燥的研钵进行粉碎。放入固体的量不要超过研钵总容量的  $1/3$ 。

为了加快固体的溶解，可以加热（应根据物质对热的稳定性选择用火加热或用水浴等间接方法加热），同时搅拌。搅拌时，手持玻璃棒并转动手腕使搅拌在溶液内均匀地转圈。注意：搅拌时，搅棒不要碰击或摩擦容器，也不要用力过猛，以防溶液飞溅或损坏容器。

### 2) 蒸发（浓缩）

在无机物的提纯、制备过程中，常采用加热的方法使水分不断蒸发，溶液不断浓缩而析出晶体。蒸发操作通常在蒸发皿中进行，皿内所盛溶液不应超过容积的  $2/3$ ，余下溶液可以随时添加，但切不可蒸干，以便使少量杂质留在母液中除去。在蒸发过程中，要用玻璃棒不断搅动溶液，防止由于局部温度过高，造成液滴飞溅。

根据物质对热的稳定性可选用煤气灯加热或用水浴间接加热。若物质的溶解度随温度的变化较小，应加热到溶液表面出现晶膜时停止加热。若物质的溶解度随温度的变化较大，不必蒸发到溶液表面出现晶膜就可以停止加热。

### 3) 结晶

结晶是提纯固体物质的重要方法之一。通常有两种方法：一种是蒸发法，即通过蒸发，减小一部分溶剂使溶液达到饱和而析出晶体后，继续蒸发溶液至呈稀粥状后再冷却，从而获得较多晶体。此法主要用于溶解度随温度的变化较小的物质，如氯化钠。另一种方法是冷却法，即将溶液加热至饱和后，直接降低温度而析出大量晶体。此法主要用于溶解度随温度的变化较大的物质，如硝酸钾。

晶体颗粒的大小与结晶的条件有关。一般情况如溶液蒸发后不是太浓，同时缓慢冷却且不加搅拌，会得到较大的晶体。反之，溶液较浓，在搅拌下迅速冷却，则得到细小晶体。有些物质的溶液易出现比较稳定的过饱和状态，无晶体析出，这时，需加入少量该物质的晶体，作为晶种促使该过饱和溶液析出结晶。

#### 4) 减压过滤

可用倾析法、过滤法（包括常压过滤、减压过滤及热过滤）和离心分离法将沉淀与溶液分离。在此主要讨论减压过滤法。

减压过滤法可加速过滤，并使沉淀抽吸得较干燥，但不宜用于过滤胶状沉淀和颗粒太小的沉淀。因为胶状沉淀易穿透滤纸，颗粒太小的沉淀易在滤纸上形成一层密实的沉淀，溶液不易透过。

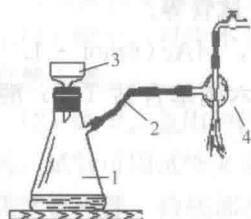


图 1.1 减压抽滤装置

1. 抽滤瓶；2. 抽气管；3. 布氏漏斗；4. 水抽气泵

过滤装置包括：布氏漏斗、抽滤瓶和水流泵（实验室常用真空泵代替水流泵），如图 1.1 所示。这种过滤方法是靠水流泵吸走空气，使抽滤瓶内减压，瓶内与布氏漏斗液面上形成压力差，从而能加快过滤速率。过滤操作如下：

##### (1) 过滤装置的准备。

① 抽滤瓶上配一单孔塞，布氏漏斗安装在塞孔内。漏斗管下端的斜面朝向抽气嘴。

② 抽滤瓶、水流泵之间用橡皮管连接。水流泵接在水龙头上，要用铁丝捆牢。

③ 布氏漏斗内所铺滤纸应比漏斗内径稍小，但要使滤板孔全部盖住。

##### (2) 过滤操作。

① 往滤纸上加少量水或溶剂，轻轻开启水龙头，吸去抽滤瓶中部分空气，以使滤纸紧贴于漏斗底上，免得在过滤时有固体从滤纸边沿进入滤液中。

② 用玻璃棒引流，将欲过滤物分批注入漏斗中。注意：溶液的量不应超过漏斗容量的  $\frac{2}{3}$ ；为加快过滤速率，先转移溶液，后转移沉淀。

③ 注意观察抽滤瓶内液面的高度，当快达到支管口位置时，应先拔掉抽滤瓶上的橡胶管，再关闭水龙头，以免水倒吸到抽滤瓶内。然后把滤液从抽滤瓶口倒出。不要从支管口倒出，以免弄脏溶液。

④ 若固体需要洗涤时，应停止过滤，可将少量溶剂洒到固体上，静置片刻，再将其抽干。

⑤ 抽滤结束，先拆开抽滤瓶与水流泵之间的橡皮管，再关闭水龙头。

⑥ 从漏斗中取出固体时，应将漏斗从抽滤瓶上取下，左手握漏斗管，倒转，用右手“拍击”左手，使固体连同滤纸一起落入洁净的纸片或表面皿上。揭去滤纸，再对固体做干燥处理。

#### 5) pH 试纸使用

在化学实验中，常用试纸来定性检验一些溶液的酸碱性或某些物质是否存在，操作简单，使用方便。实验室常用的试纸有石蕊试纸、pH 试纸、淀粉碘化钾试纸等。

(1) 石蕊试纸。用于定性检验溶液和气体的酸碱性，石蕊试纸有红色和蓝色两种，红色石蕊试纸用于检验碱性溶液或气体（遇碱时变蓝），蓝色石蕊试纸用于检验酸性溶液或气体（遇酸时变红）。

用石蕊试纸检查溶液的酸碱性时，可将石蕊试纸剪成小块，用镊子取一小块试纸放在干燥、清洁的点滴板或表面皿上，用玻璃棒将待测溶液搅拌均匀，然后用玻璃棒末端蘸取少许待测的溶液在试纸的中部，于半分钟以内观察被湿润试纸颜色的变化，确定溶

液的酸碱性，酸性呈红色，碱性呈蓝色。切勿将试纸浸入溶液中进行试验，以免玷污溶液。

(2) pH 试纸。pH 试纸用于检验溶液的酸碱性。pH 试纸分两类：一类是广泛 pH 试纸，pH 变色范围为 1~14，其色阶变化为“1”个 pH 单位，只能用来粗略估计溶液的 pH；另一类是精密 pH 试纸，色阶变化小于“1”个 pH 单位，因而这种试纸在 pH 变化较小时就有颜色变化，可较精确的估计溶液的 pH。精密 pH 试纸，根据其颜色变化范围可分为多种，如 pH 变化范围为 2.7~4.7, 3.8~5.4, 5.4~7.0, 6.9~8.4, 8.2~10.0, 9.5~13.0 等。根据待测溶液的酸碱性，可选用某一变色范围的试纸。

pH 试纸的使用方法与石蕊试纸的使用方法大致相同，差别在于 pH 试纸显色半分钟内需将所有显示的颜色与标准色标相比较，方能知道其具体的 pH 数值。

(3) 淀粉碘化钾试纸。淀粉碘化钾试纸用于定性检验氧化性气体，如  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$  等。

当氧化性气体遇到湿的淀粉碘化钾试纸后，则将试纸上的  $\text{I}^-$  氧化成  $\text{I}_2$ ， $\text{I}_2$  立即与试纸上的淀粉作用变成蓝色：



如气体氧化性强，而且浓度大时，还可以进一步将  $\text{I}_2$  氧化成无色的  $\text{IO}_3^-$ ，使蓝色褪去：



可见，使用时必须仔细观察试纸颜色的变化，否则会得出错误结论。

使用淀粉碘化钾试纸时，将小块试纸用蒸馏水润湿后，用镊子夹持在试管口，观察试纸颜色的变化，需注意不要使试纸直接接触溶液。

## 6) 化学试剂的取用

(1) 固体试剂的取用。试剂从试剂匙中倒入容器时，如果是块状试剂，应先倾斜容器，把固体试剂放在容器内壁，让它慢慢地滑落到容器的底部，不能让试剂从容器口直接倒到底部，避免碰破底部；固体试剂的颗粒较大时，应放在干燥洁净的研钵中研碎，研钵中的固体量不应超过研钵容量的 1/3；如果是粉状固体，可用试剂匙将其直接送入容器底部，勿让粉末粘在容器壁上，如果容器的口径较小（如试管、烧瓶等），可先把药品放在一张折成槽状的纸条上，然后把盛有药品的纸条插入倾斜的容器内，使容器直立，用手指轻弹纸条，使药品落到试管底部。

(2) 液体试剂的取用。取用较大量的液体试剂时，可直接从试剂瓶中倾出。先将瓶塞取下，反放在桌面上，右手握住试剂瓶上贴标签的一面，以瓶口靠住容器壁，缓缓倾出所需液体，让液体沿着容器壁往下流。若所用容器为烧杯，则倾注液体时要用玻璃棒引流。注出所需量后，将试剂瓶口在容器或玻璃棒上靠一下，再慢慢竖起瓶子，以免遗留在瓶口的液滴流到瓶的外壁。

从滴瓶中取用液体试剂时，应用滴瓶中的滴管，不能用别的滴管。吸取试液时，先用手指捏紧滴管上部的橡皮乳头，赶走其中的空气，然后将滴管插入试液中，放松手指即可吸入试液。滴加试液时，滴管必须保持垂直，避免倾斜，滴管的尖端不可接触承接容器的内壁，更不能插到其他溶液里，也不能把滴管放在原滴瓶以外的任何地方，以免杂质玷污，滴管不能平握或倒立，否则试剂流入橡皮头内而弄脏。

注意：有毒、易燃、易挥发药品的取用应在通风橱中进行。

#### 4. 实验原理

##### 1) 粗盐提纯

粗盐中常含有泥沙等不溶性杂质及  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等可溶性杂质。

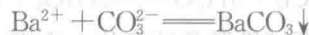
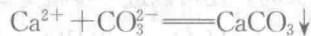
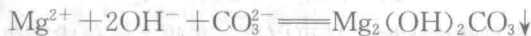
粗盐中所含的不溶性杂质可采用将粗盐溶解后过滤除去。

由于温度对  $\text{NaCl}$  的溶解度影响很小, 不能采用重结晶 (利用溶剂对被提纯的物质及杂质的溶解度不同, 将被提纯的物质溶于适量热溶剂中达到饱和, 冷却后因过饱和而结晶, 达到分离提纯的目的) 的方法与可溶性杂质离子分离, 需用化学的方法进行分离, 选用合适的沉淀剂使可溶性的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等转化为难溶沉淀物, 再过滤除去。

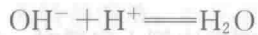
通常是先在粗盐溶液中加入稍过量的  $\text{BaCl}_2$  溶液, 可将  $\text{SO}_4^{2-}$  转化为难溶解的  $\text{BaSO}_4$  沉淀, 反应为



溶液过滤, 除去  $\text{BaSO}_4$  沉淀。再加  $\text{NaOH}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, 由于发生了下列反应:



粗盐中的杂质  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  及沉淀  $\text{SO}_4^{2-}$  时加入的过量  $\text{Ba}^{2+}$  便相应地转化为难溶的  $\text{Mg}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{BaCO}_3$  沉淀, 可采用过滤除去。过量的  $\text{NaOH}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  可用纯盐酸中和除去, 反应为



粗盐中所含的少量  $\text{K}^+$  与上述所用试剂不起反应, 仍留在滤液中。由于  $\text{KCl}$  的溶解度比  $\text{NaCl}$  的溶解度大, 且含量很少, 在蒸发浓缩食盐滤液时,  $\text{NaCl}$  结晶析出,  $\text{KCl}$  仍留在母液中而被除去。

##### 2) 产品的检验

用粗盐和提纯后的精盐做对比实验, 确定精盐中是否含有  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  杂质。



$\text{Mg}^{2+} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$  (白色) (镁试剂 (对硝基苯偶氮苯二酚) 在碱性环境中吸附  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  后呈天蓝色)

$\text{K}^+ + \text{HAc} + [\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-} \longrightarrow \text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \downarrow$  (黄色沉淀或黄色浑浊, 用玻璃棒摩擦管壁)

#### 5. 实验内容

##### 1) 粗食盐的提纯

(1) 粗食盐的称量和溶解。用台秤称取 5g 粗食盐, 放入 100mL 烧杯中, 加入 25mL 蒸馏水, 加热搅拌使食盐溶解。

(2)  $\text{SO}_4^{2-}$  的除去。在煮沸的食盐水溶液中,边搅拌边逐滴加入  $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{BaCl}_2$  溶液至沉淀完全(约  $1\text{mL}$ )。为了检验  $\text{SO}_4^{2-}$  是否沉淀完全,可将烧杯从石棉网上取下,静置、冷却到室温,待沉淀沉降后,向上层清液中滴入  $1\sim 2$  滴  $\text{BaCl}_2$  溶液,观察溶液是否有浑浊现象。如清液不变浑浊,证明  $\text{SO}_4^{2-}$  已经沉淀完全,如清液变浑浊,则继续加  $\text{BaCl}_2$  溶液,直到沉淀完全为止。然后用小火加热  $3\sim 5\text{min}$ ,使沉淀颗粒长大而便于过滤。用减压过滤进行过滤,保留滤液,弃去沉淀。

(3)  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  等的除去。将所得滤液加热近沸,向滤液中加入适量的  $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$  和饱和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  所组成的  $1:10$  (体积比)混合溶液,待  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$  等已沉淀完全后,继续小火加热至沸  $5\text{min}$ ,用减压过滤进行过滤,保留滤液,弃去沉淀。

(4) 调节溶液的 pH。向滤液中逐滴加入  $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{HCl}$  溶液,充分搅拌,并用玻璃棒沾取滤液在 pH 试纸上试验,直至溶液呈微酸性 (pH 控制到  $4\sim 5$ ) 为止。

(5) 蒸发浓缩。将溶液转移至蒸发皿中,放于泥三角上用小火加热,蒸发浓缩到溶液呈稀糊状为止,切不可将溶液蒸干。

(6) 结晶、减压过滤、干燥。浓缩液冷却至室温,用布氏漏斗减压过滤,用少量的蒸馏水洗洗涤晶体,抽干。再将晶体转移到蒸发皿中,放在石棉网上,用小火加热并搅拌,烘干冷却后称其质量,计算产率。

$$\text{产率} = \frac{\text{提纯后盐的质量(g)}}{5.0\text{g}} \times 100\%$$

## 2) 产品纯度的检验

称取粗食盐和提纯后的精盐各  $1\text{g}$ ,分别溶于  $5\text{mL}$  去离子水中,将两种溶液各分为四等份,盛在 8 支试管中,用下面方法进行定性检验。

(1)  $\text{SO}_4^{2-}$  的检验。分别向盛有粗食盐和产品溶液的 2 支试管中各滴加 2 滴  $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{BaCl}_2$  (注意:  $\text{BaCl}_2$  有毒,切勿入口!),观察是否产生沉淀。若有白色沉淀,加入  $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{HCl}$  至溶液呈酸性,若不溶解,表示有  $\text{SO}_4^{2-}$  存在。

(2)  $\text{Ca}^{2+}$  的检验。分别向盛有粗食盐和产品溶液的 2 支试管中各滴加 5 滴  $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{HAc}$  使溶液呈酸性,再分别加入 2 滴饱和  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液,稍待片刻,观察现象。若有白色沉淀,表示  $\text{Ca}^{2+}$  存在。

(3)  $\text{Mg}^{2+}$  的检验。分别向盛有粗食盐和产品溶液的 2 支试管中各滴加 5 滴  $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{NaOH}$  溶液,使溶液呈碱性(用 pH 试纸检验),再加入 2 滴镁试剂,观察现象。若有天蓝色沉淀产生,表示  $\text{Mg}^{2+}$  存在。若溶液呈淡紫色,表示溶液中不存在  $\text{Mg}^{2+}$ 。

(4)  $\text{K}^+$  的检验。取上面配制的待测液  $0.5\text{mL}$  放于试管中,加入 2 滴  $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{HAc}$ ,再滴加 2 滴六硝基合钴(III)酸钠,用玻璃棒摩擦管壁,若出现黄色沉淀或黄色浑浊,可证明  $\text{K}^+$  存在。

## 6. 思考题

- (1) 怎样除去粗食盐中的可溶性杂质  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  等?
- (2) 怎样检验提纯后的食盐的纯度?



### 1.4.3 各种天平的使用及称量练习

#### 1. 训练目标

- (1) 学习各种天平的基本操作和常用称量方法。
- (2) 培养准确、整齐、简明地记录实验原始数据的习惯。

#### 2. 实验用品

仪器：电子天平，托盘天平，称量瓶，药匙等。

试剂：氯化钠固体试样等。

材料：称量纸等。

#### 3. 部分仪器简介——电子天平

电子天平是最新发展的一类天平。精确度有 0.01mg、0.1mg、0.01g、0.1g 等几种，根据实验的要求，可选用不同精度的天平。电子天平是根据电磁力平衡原理，具有称量速度快、精度高、使用寿命长、性能稳定、操作简便和灵敏度高的特点，其应用越来越广泛并逐步取代机械天平。

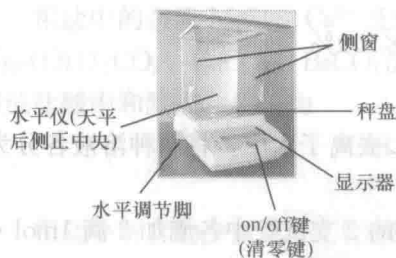


图 1.2 电子天平

##### 1) 电子天平的构造

图 1.2 给出的是一种电子天平的外观图，从中可了解电子天平的组成。

##### 2) 电子天平的使用方法

(1) 观察水泡是否位于水平仪中心，若有偏移，可调整水平调节脚，使水平仪内气泡位于圆环中央。

(2) 接通电源，轻按“on/off”键，当显示器显示“0.0000g”后，方可称量。

注意：天平长时间断电之后再使用时，至少需预热 30min。

(3) 称量时，将洁净的称量纸或表面皿、称量瓶、小烧杯等置于秤盘中央，关闭天平侧门，稍后，轻按下天平“on/off”键，天平自动校对零点。当显示器显示“0.0000g”后，开启右侧门。在称量盘上缓慢加入待称试样直至所需质量，随手关好门。待显示器显示稳定的数值，此数值即为被称物的质量值。

(4) 称量完毕，按“on/off”键，关闭显示器，此时天平处于待机状态，若当天不再使用，应拔下电源插头。罩上天平罩，并在记录本上记录使用情况。

#### 4. 基本操作——称量方法

根据试样的不同性质和分析工作中的不同要求，可分别采用直接称量法、固定质量称量法和差减称量法。

##### 1) 直接称量法

对一些在空气中无吸湿性的试样或试剂，如金属或合金等，可用直接称量法。将一定的试样置于洁净而干燥的已知质量或已经除过质量的小表面皿或称量纸上，然后放在