



新世纪高等学校教材

公共课系列教材

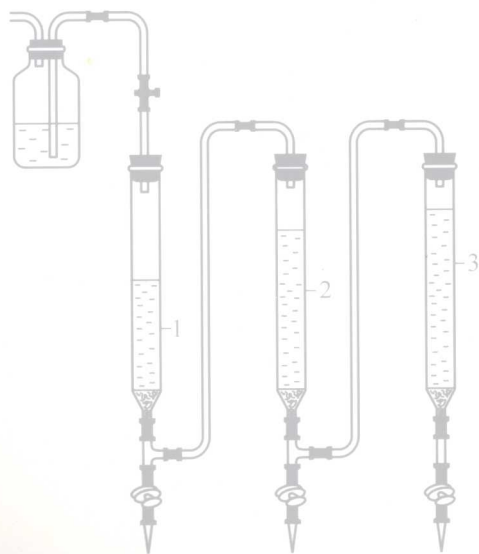
化学实验教材

赵慧春 申秀民 张永安 编

北京师范大学化学实验教学中心 组编

大学基础化学实验

DAXUE
JICHU
HUAXUE
SHIYAN



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

新世纪高等学校教材
公共课系列教材

化学实验教材

大学基础化学实验

DAXUE JICHU HUAXUE SHIYAN

赵慧春 申秀民 张永安 编
北京师范大学化学实验教学中心 组编



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学基础化学实验 / 赵慧春, 申秀民, 张永安编. —北京: 北京师范大学出版社, 2008.8

ISBN 978-7-303-09354-0

I. 大… II. ①赵… ②申… ③张… III. 化学实验—高等学校—教材 IV. O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 091473 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京清华印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 170 mm × 230 mm

印 张: 17.5

字 数: 300 千字

印 数: 1~3 000

版 次: 2008 年 8 月第 1 版

印 次: 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

责任编辑: 吴祖义 装帧设计: 高 霞

责任校对: 李 茵 责任印制: 马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

新世纪高等学校教材
化学系列教材编写指导委员会

顾问 刘伯里 刘若庄 刘知新
委员 方维海 黄元河 刘正平 王科志
欧阳津 成莹 朱琳 王磊

化学专业实验系列教材
编写委员会(按拼音顺序排名)

胡劲波 蒋福宾 贾志谦 李华民 李君
李奇 马思渝 申秀民 祖莉莉 张站斌

北京师范大学化学实验教学中心简介

北京师范大学化学实验教学中心成立于1998年,主要承担化学学院、生命科学学院、环境学院、资源学院、材料科学与工程系五个院系本科生的化学实验教学。“中心”成立以来,对化学实验教学进行大胆改革,本着“厚基础、宽口径、求创新”的实验教改原则,将原来依附于四大化学理论课的实验融会贯通,实验独立设课,构建了“一体化、多层次”的实验教学新体系。“中心”有雄厚的师资和现代化的实验教学设施,实验教学课程由“中心”统一安排,每年担任实验教学的教师超过50人,其中三分之一以上为教授,三分之二以上具有博士学位。教学资源统一管理,实现了科学高效的基础化学实验教学管理系统。2002年通过了北京市教委“化学基础教学实验中心”实验室评估的合格鉴定,2006年被评为北京市化学实验教学示范中心。实验教学改革项目“本科化学专业实验课程体系改革——课程建设、教学改革及实验中心建设”2005年获北京市高等教育教学成果奖一等奖。2007年被批准为国家级实验教学示范中心建设单位。

前 言

为了适应教学改革的需要和基于加强实验教学的目的,我们为我校非化学专业学生学习化学而编写了这本大学基础化学实验教材.早在1998年,承担非化学专业课的无机化学、分析化学、有机化学的老师就合作编写了一本实验讲义“大学化学实验(无机化学部分、分析化学部分和有机化学部分)”,该讲义经过多年的试用和修改,现更名为《大学基础化学实验》正式出版.

我们将不同学科的实验内容来混合编排,主要是基于以下几点考虑:

1. 在实验内容的编排上没有区分无机、分析、有机实验内容,体现了化学不同分支学科向综合性发展的趋势,特别是实验的许多内容本来就是互相穿插、互相渗透的,有关实验的基础知识本来就是相通的.这样编排,不但可以减少单科编写讲义中许多不必要的内容重复,同时也便于学生对化学实验从整体概念上理解和认识.

2. 实验内容的选择上力图突出基础性、实用性和科学性.为了加强基础实验知识的学习和基本实验技能的训练,本教材共安排六个部分的内容,实验基础知识和基本实验技能就占三个部分,对学生实验的规范化操作要求是本教材强调的重点之一.

3. 虽然在内容的编排上没有区分无机化学、分析化学和有机化学的界限,但是基本涵盖了各分支学科单独开设实验的内容.这样既体现了化学实验的独立性,又兼顾了实验教学与课堂授课之间的密切关系.本教材也选编了少量的综合实验,主要是为了培养学生分析问题和解决问题的能力.有些实验中包括的内容较多,教师可根据课时在安排实验时适当取舍,目的是为了更方便教师组织教学.

4. 本教材的“第一部分 化学实验基础知识和基本技能”和“附录”介绍了许多实验知识和数据,便于学生查阅.这样既方便学生实验,兼顾手册的特点,也方便实验老师的准备工作.

本教材是由我校承担生命科学学院、材料科学与工程系、资源学院和环境

学院的大学基础化学实验课程的教师提供素材,由赵慧春、申秀民、张永安负责综合整理、编排,冯瑞琴参加了部分工作.在实验整理编排过程中我们力求做到理论联系实际,注重选编反映现代科研、环境保护、联系实际的有关实验内容.

本书可作为综合性大学和高等师范院校类的非化学专业学生学习化学的实验教材,也可供从事化学科学研究的人员、化学专业技术人员以及与化学密切相关的交叉学科的研究人员参考.

在此谨向支持和帮助该项工作的北京师范大学教务处、化学学院以及出版社的同事们表示衷心的感谢.

由于编者水平所限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正.

编者

2008.5

目 录

第一部分 化学实验基础知识和基本技能	(1)
1.1 化学实验基础常识	(1)
1.1.1 化学实验的目的与实验室规则	(1)
1.1.2 化学实验室安全常识	(2)
1.1.3 实验室废液的处理	(4)
1.1.4 化学实验数据处理	(4)
1.1.5 实验预习、记录和实验报告	(8)
1.1.6 化学实验用水	(15)
1.2 基本实验操作常识	(16)
1.2.1 化学实验室常用器皿简介	(16)
1.2.2 试剂的分类和取用	(20)
1.2.3 标准溶液的配制	(23)
1.2.4 加热与冷却	(25)
1.2.5 结晶和重结晶	(29)
1.2.6 溶液和晶体(沉淀)的分离——固液分离	(34)
1.2.7 液体体积的度量仪器	(38)
1.2.8 天平的使用和称量方法	(44)
1.2.9 升华	(50)
1.2.10 熔点的测定及温度计校正	(52)
1.2.11 回流	(57)
1.2.12 普通蒸馏	(58)
1.2.13 简单分馏	(61)
1.2.14 减压蒸馏	(63)
1.2.15 水蒸气蒸馏	(66)
1.2.16 萃取和洗涤	(69)
1.2.17 干燥与干燥剂的使用	(72)

1.2.18 色谱法	(75)
第二部分 化学实验中常用仪器介绍	(88)
2.1 分光光度计	(88)
2.2 酸度计	(91)
2.3 电导率仪	(93)
第三部分 化学基本实验技能训练	(96)
实验一 仪器的认领、洗涤和干燥	(96)
实验二 煤气灯的使用和玻璃加工	(99)
实验三 称量练习—分析天平的使用	(101)
实验四 溶液配制练习	(104)
实验五 滴定基本操作练习	(106)
实验六 物质的分离和提纯——转化法制备硝酸钾	(109)
实验七 粗盐提纯——由海盐制备试剂级氯化钠	(113)
实验八 工业酒精的纯化——蒸馏操作练习	(117)
实验九 重结晶	(118)
实验十 熔点的测定	(120)
实验十一 薄层层析实验	(121)
第四部分 化学原理与物质性质实验	(123)
实验十二 电离平衡和沉淀平衡	(123)
实验十三 氧化与还原	(128)
实验十四 配位解离平衡	(132)
实验十五 卤素、氧、硫	(137)
实验十六 氮、磷、硅、硼	(143)
实验十七 铜、银、锌、汞	(147)
实验十八 铬、锰、铁、钴、镍	(151)
实验十九 部分常见离子的分离与鉴定	(155)
第五部分 分析测定实验	(158)
实验二十 气体密度法测定二氧化碳的分子量	(158)
实验二十一 NaOH 和 HCl 标准溶液浓度的标定	(160)
实验二十二 醋酸电离度和电离常数的测定	(164)
实验二十三 水的净化——离子交换法制纯水	(167)

实验二十四	过氧化氢分解热的测定	(171)
实验二十五	混合碱中总碱量的测定(双指示剂法)	(175)
实验二十六	硫酸铵中含氮量的测定(甲醛法)	(177)
实验二十七	自来水中总硬度及钙、镁分量的测定	(179)
实验二十八	铅、铋混合液中铅、铋含量的连续测定	(182)
实验二十九	高锰酸钾法测定过氧化氢的含量	(184)
实验三十	莫尔盐中铁含量的测定	(186)
实验三十一	铁矿石中铁含量的测定(无汞法)	(188)
实验三十二	碘量法测定铜铁混合液中的铜含量	(190)
实验三十三	维生素 C 含量的测定(直接碘量法)	(192)
实验三十四	碘量法测定葡萄糖的含量	(194)
实验三十五	氯化物中氯的测定(莫尔法)	(196)
实验三十六	邻二氮菲分光光度法测定微量铁	(198)
实验三十七	气相色谱的定性定量分析	(201)
第六部分	制备和综合实验	(204)
实验三十八	硫酸亚铁铵的制备	(204)
实验三十九	硫代硫酸钠的制备和性质测定	(206)
实验四十	由粗食盐和碳酸氢铵制备碳酸钠	(208)
实验四十一	高锰酸钾的制备	(212)
实验四十二	三氯化六氨合钴(Ⅲ)配合物的制备和测定	(213)
实验四十三	从茶叶中提取咖啡碱	(217)
实验四十四	环己烯的制备	(218)
实验四十五	叔丁基氯的制备	(220)
实验四十六	1-溴丁烷的制备	(221)
实验四十七	苯叉丙酮的制备	(223)
实验四十八	肉桂酸的制备	(224)
实验四十九	乙酸乙酯的制备及气相色谱定性分析	(226)
实验五十	乙酰水杨酸(阿司匹林)的制备	(228)
实验五十一	对乙氧基乙酰苯胺(非那西丁)的制备	(229)
实验五十二	混合物的分离(基本操作综合练习)	(231)
实验五十三	生物样品中某些元素的测定(选做实验)	(232)

附录一	元素周期表	(235)
附录二	化合物的相对分子质量	(236)
附录三	不同温度下水的饱和蒸气压	(239)
附录四	常见无机化合物在水中溶解度	(240)
附录五	常用缓冲溶液的 pH 范围	(242)
附录六	常用酸、碱的浓度	(243)
附录七	特殊试剂的配制	(244)
附录八	常用有机试剂的配制	(247)
附录九	常见弱酸、弱碱的电离平衡常数	(251)
附录十	一些难溶化合物的溶度积	(253)
附录十一	一些半反应的标准电极电势	(255)
附录十二	一些配离子的标准稳定常数	(260)
附录十三	常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 S_m^\ominus	(262)
参考文献	(268)

第一部分 化学实验基础知识和基本技能

1.1 化学实验基础常识

1.1.1 化学实验的目的与实验室规则

一、化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的学科。化学实验是化学教学中的重要组成部分。学生通过实验不仅可以学习化学知识、训练从事科学研究的实验技能；同时还能培养学生实事求是的科学态度和创新意识。概括起来，实验教学对学生应达到以下目的：

1. 培养一丝不苟的科学精神和严谨求实的科学态度。
2. 掌握大学化学实验基本操作技能，为从事科学研究打下良好的基础。
3. 加深对大学化学基本理论的理解，熟悉并掌握一些重要的元素和化合物性质。
4. 为后续课程的学习作好铺垫工作。
5. 养成安全、节约、协作、整洁的良好实验习惯。

二、化学实验的学习方法

1. 认真做好课前预习。通过预习，明确实验目的和了解实验的主要内容。如果是制备或测定实验，应该了解实验步骤、知道实验使用的仪器，并就实验的重点、难点简要地写出预习报告。
2. 严格按照规程和要求独立进行实验，如实记录实验现象和数据。如对实验内容进行改动，必须征得老师同意。
3. 实验现象的记录必须准确详细，实验数据必须真实可靠。
4. 认真完成实验报告。实验报告要力求简明、条理、整洁、准确、完整，对一些异常现象要分析讨论。

三、实验室规则

1. 自觉遵守实验室的各项规章制度。
2. 正确使用各种仪器和设备，如遇仪器损坏、仪器出现故障或异常等情

况应及时向老师报告。

3. 保持实验室的清洁和安静,使用的仪器要摆放有序。水槽中的杂物要随手清理。

4. 实验时注意节约药品,同时注意药品和试剂不被污染。为了保护环境,废弃物要分类盛放并按规定及时处理。

5. 实验室是学习场所。学生不要大声喧哗,以免影响他人实验。实验室不得穿拖鞋、裙子和短裤。实验时应该戴防护眼镜。

6. 所有实验室的物品不得带走。

7. 实验结束后,值日生应将实验室打扫干净,整理好公共药品和仪器,最后一定要关水、断电、关气、锁门。

1.1.2 化学实验室安全常识

进入化学实验室,应首先熟悉实验室环境、灭火器材和急救药箱的放置地点和使用说明,严格遵守实验室的安全守则、实验步骤中药品使用和仪器操作的安全注意事项,牢记意外事故发生时的处理方法及应变措施。

一、实验室安全守则

1. 不要用湿手接触电源。点燃的火柴用后应立即熄灭,火柴棍不得乱扔。

2. 易燃物质如乙醇、乙醚、丙酮、苯等有机物,易分解易爆的物质如硝酸铵、氯酸钾等无机物,使用时一定要远离火源。试剂瓶用完盖紧瓶盖。使用氢气必须严禁接近明火,点燃前应该验纯。

3. 不要俯向容器去闻放出气体的气味。正确的做法是远离容器,将气体用手慢慢扇向自己的鼻孔。使用 H_2S 、 HF 、 Cl_2 、 CO 、 NO 、 NO_2 、 SO_2 、 Br_2 、 HCHO 等刺激性和有毒的气体或易挥发性液体,应在通风橱中进行操作。

4. 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,使用应十分小心,切勿溅到皮肤和衣服上。特别要注意保护眼睛。稀释浓硫酸时,应将浓硫酸慢慢倒入水中,同时用玻璃棒不停地搅拌,而不能将水倒入浓硫酸中。

5. 有毒药品如重铬酸钾、可溶钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物和氰化物等,不得进入口内或接触伤口。剩余的废液不能随便倒入下水道,应倒入指定的容器中回收处理。

6. 金属汞易挥发,并能通过呼吸道进入人体,逐渐积累而引起慢性中毒。如果汞洒落在桌面或地面上,应尽量收集起来,并用硫磺粉盖在洒落的地方,使之转化为不挥发的硫化汞。

7. 严禁在实验室内饮食、抽烟或把食物带进实验室。实验完毕要洗净双手。

二、实验室事故处理

1. 创伤

若是玻璃创伤，先将玻璃碎片取出，伤口较小，可用去离子水洗涤伤口，然后贴上“创口贴”。若伤口较大较深，应立即送医院救治。

2. 烫伤

轻度烫伤可立即用冷水冲洗，然后用稀的高锰酸钾溶液或苦味酸溶液擦洗烫伤处，也可涂些紫药水，再涂烫伤膏。

3. 酸、碱腐蚀

被强酸腐蚀后，首先用大量的自来水冲洗伤处，再用饱和的 NaHCO_3 溶液冲洗。被强碱腐蚀后，同样用大量的自来水冲洗伤处，然后用饱和硼酸溶液或质量分数约为 2% 的乙酸溶液冲洗，再用去离子水冲洗。眼睛受伤应立即到医院医治。

4. 吸入有毒气体

若吸入 Cl_2 、 HCl 等有毒气体时，可吸入少量乙醇和乙醚的混合蒸气来解毒。若吸入 H_2S 、 CO 等气体感到不适时，应立即到室外呼吸新鲜空气。

5. 触电

应立即切断电源，必要时进行人工呼吸。

6. 起火

要一面灭火，一面防止火焰蔓延(立即切断电源、移走可燃药品等)。对小火可用湿布、石棉布或沙子覆盖灭火，但湿布不适用于金属钠、钾的灭火。

表 1.1-1 实验室常用灭火器及其适用范围

灭火器类型	主要成分	适用范围
酸碱式灭火器	H_2SO_4 和 NaHCO_3	非油类和电器失火的一般初起火灾
泡沫灭火器	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 NaHCO_3	油类起火
二氧化碳灭火器	液态 CO_2	电器起火，小范围油类及忌水化学物质的失火
四氯化碳灭火器	液态 CCl_4	电器起火，小范围汽油、丙酮等失火，不能用于钾、钠的失火
干粉灭火器	NaHCO_3 、硬脂酸铝、云母粉和滑石粉等	油类、可燃性气体、电器、精密仪器、图书文件和遇水易燃物品的初起火灾
1211 灭火器	液体 CF_2ClBr	油类、有机溶剂、精密仪器、高压设备的失火

火势较大时，用灭火器灭火。泡沫灭火器用于一般的起火，二氧化碳或四氯化碳灭火器用于电器设备起火。实验室常用灭火器及其适用范围列于表 1.1-1。

1.1.3 实验室废液的处理

实验室的废水、废液和固体废弃物种类很多，直接排放到室外将会造成环境污染，威胁人们的健康。例如铅、汞等金属及其化合物进入人体后不易分解和排出，长期积累会引起胃痛、皮下出血以及肾功能损伤等，严重时将有生命危险；长期接触苯系物、氯仿和二氯乙烷等有机溶剂可能引起白血病或再生障碍性贫血等严重疾病；多环芳烃则能诱发多种癌症。我们必须给以足够的重视。一些有毒废液的处理方法如下：

1. 氰化物是剧毒物质，一般是先将含氰化物的废液用碱调至 $\text{pH} > 10$ ，再加高锰酸钾或漂白粉氧化分解。

2. 含汞盐废液的处理是，先将溶液用碱调至 $\text{pH} = 8 \sim 10$ ，加适当过量的硫化钠，然后再加硫酸亚铁生成硫化亚铁与硫化汞共沉淀而除去。

3. 有机溶剂一般可通过萃取法或蒸馏法分离后重复使用。一些有害有机物废液回收后由老师统一处理。

4. 不具备独立进行相应处理有毒废液的条件时，应将废水、废液分类集中，交专门的处理机构处理。

1.1.4 化学实验数据处理

一、实验误差及减少误差的措施

在测量实验中，对同一样品进行多次重复测定，其测定结果不会完全相同。这是因为存在着实验误差。分析误差产生的原因和探讨误差出现的规律，尽量减小误差对实验结果的影响，才能不断提高测量结果的准确性。

1. 误差与偏差

(1) 准确度与误差 准确度(accuracy)是指测量值与真实值相接近的程度，用误差(error)来表示。误差越小，表明测量结果的准确度越高。反之，准确度越低。误差可以用绝对误差和相对误差表示：

$$\text{绝对误差}(E) = \text{测量值}(\chi) - \text{真实值}(\chi_T)$$

$$\text{相对误差}(E_r) = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\% = \frac{\chi - \chi_T}{\chi_T} \times 100\%$$

例如：用分析天平测得某物质的质量为 2.1750 g，其真实值为 2.1751 g。则

$$\text{绝对误差}(E) = 2.1750 \text{ g} - 2.1751 \text{ g} = -0.0001 \text{ g}$$

$$\text{相对误差}(E_r) = \frac{-0.0001}{2.1751} \times 100\% = -0.005\%$$

绝对误差有正负之分。正值表示测量值较真实值偏高，负值表示测量值较真实值偏低。相对误差表示误差在测量结果中所占的百分率，测量结果的准确度常用相对误差来表示。但真实值往往是未知的，在实际工作中，常用精密度来评价测量的结果。

(2)精密度与偏差 精密度是指在相同条件下多次测量结果互相吻合的程度，表现了测定结果的重复性。在实际工作中，对同一试样，通常进行多次平行测定，求得算术平均值，作为试样的分析结果。该结果的精密度常用偏差、平均偏差和相对平均偏差来表示。相对平均偏差愈小，表明测定结果的精密度越高。

偏差是指个别测定值与平均值之差，用 d_i 表示： $d_i = x_i - \bar{x}$

平均偏差是指单次测量偏差的绝对值加和的平均值，用 \bar{d} 表示：

$$\bar{d} = \frac{|d_1| + |d_2| + \cdots + |d_n|}{n}$$

相对平均偏差是指平均偏差与平均值的比值： $\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{x}}$

例如：某试样四次测得的含量是：49.98%、49.86%、49.95%、49.90%，其精密度计算如下：计算其平均值为 49.92%。

$$\text{平均偏差}(\bar{d}) = \frac{0.06\% + 0.06\% + 0.03\% + 0.02\%}{4} = 0.04\%$$

$$\text{相对平均偏差}(\bar{d}_r) = \frac{0.04}{49.92} \times 100\% = 0.1\%$$

应该指出的是，误差和偏差具有不同的含义，误差是以真实值为标准，而偏差是以平均值为标准。因真实值往往无法准确知道，一般所说的真实值，其实就是采用多种方法进行多次平行测定所得的平均值。

2. 误差的种类和产生的原因

产生误差的原因很多，一般根据误差的性质和来源，可将误差分为系统误差和随机误差。

(1)系统误差 是由分析过程中某些经常发生的、固定因素造成的，它对分析的结果的影响比较稳定，在重复测定时它会重复出现。例如测定方法误差(由测定方法本身引起的)、仪器误差(仪器本身不够准确)、试剂误差(试剂不够纯)、操作误差等，因此可以设法校正。

(2)随机误差 是由于一些难以控制的偶然因素引起的误差。例如测定温

度、气压的微小波动、仪器性能的微小变化、操作人员处理各份试样的微小差别等。因引起误差原因有偶然性，所以随机误差的大、小、正、负有不确定性。

除上述两种误差以外，还有一种误差称“过失误差”，是由操作者的疏忽或工作马虎造成的，应力求避免。

3. 提高测量结果准确度的措施

在测量过程中，提高准确度的关键是根据组分含量的高低选择合适的分析方法，在实验过程中，尽可能地消除系统误差，减小测量误差和随机误差。

(1) 消除系统误差的方法

①对照试验：利用已知含量的标准试样与待测试样做平行测定，从标准试样测得的结果检验分析过程的系统误差。其目的是判断试剂是否失效，反应条件是否控制适当，操作是否正确，仪器是否正常等。还可由不同的人员或不同的单位用标准分析方法进行对照。

②空白试验：用蒸馏水代替试液，在同样的测定条件下进行实验。其目的是消除由试剂(或蒸馏水)引进杂质所造成的系统误差。

③仪器校正：对测量的仪器，如砝码、滴定管、温度计和移液管等器皿进行校正，同时还包括依照国家标准方法校正所选用的测量方法。

(2) 减小测量误差的方法

容量分析中的测量误差主要来源于两个方面，一个是滴定误差，一个是称量误差。为了使测量时的相对误差小于0.1%，滴定误差和称量误差都要小于0.1%。

例如，用万分之一分析天平称量一个样品需两次读数，所以称量的绝对误差为±0.0002 g，当相对误差为0.1%时，试样的质量必须大于0.2 g以上。这可从下列公式计算得出：

$$\text{试样质量} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{相对误差}} = \frac{0.0002 \text{ g}}{0.001} = 0.2 \text{ g}$$

在滴定分析中，滴定液体积的确定，需读数两次，则滴定管读数的绝对误差为±0.02 mL，为了使测量时的相对误差小于0.1%，消耗滴定剂的体积必须大于20 mL。

$$\text{滴定剂的体积} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{相对误差}} = \frac{0.02 \text{ mL}}{0.001} = 20 \text{ mL}$$

(3) 减小随机误差的方法

消除系统误差的前提下，平行测定次数增加，可以减少随机误差。一般