



全国高等农林院校“十一五”规划教材

分析化学实验

刘惠民 主编

 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

分析化学实验

刘惠民 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学实验/刘惠民主编. —北京: 中国农业出版社,
2009. 9

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-13885-8

I. 分… II. 刘… III. 分析化学—化学实验—高等学校—
教材 IV. 0652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 139816 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 曾丹霞 陈 晓

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 11

字数: 192 千字

定价: 16.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 刘惠民

编 者 刘惠民 赵智宏 杨秋林

阿 荣 李金梅

前 言

分析化学是一门实践性很强的学科。通过分析化学实验课程的教学,可以使学生对分析化学基本理论的理解,熟练地掌握分析化学的基本操作技能,为今后从事生产和科学研究打下良好的基础。

本书选编的实验内容主要以内蒙古农业大学多年的教学实践为基础,并参阅了大量兄弟院校的有关资料。全书包括分析化学实验的基础知识、分析化学实验的基本仪器及操作、实验部分、计算机在分析化学实验中的应用、附录五个部分。实验部分涉及滴定分析、重量分析、吸光光度分析法、电位分析法、原子吸收分光光度法、气相色谱分析法。教师可根据不同专业、不同层次的具体需要,自行确定实验项目。

参加本书编写的有刘惠民、赵智宏、杨秋林、阿荣、李金梅。

本书在编写过程中,得到内蒙古农业大学教务处和理学院同志们的大力支持和协助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2009.6

目 录

前言

第一章 分析化学实验的基本知识	1
第一节 分析化学实验的目的和要求	1
第二节 仪器分析实验的基本要求	2
第三节 实验室安全知识	2
第四节 纯水的制备及检验	3
第五节 化学试剂	5
第六节 玻璃器皿的洗涤	6
第七节 实验数据的记录、处理和实验报告	7
第二章 分析天平与称量	11
第一节 天平的分类及称量原理	11
第二节 天平的结构	14
第三节 天平的计量性能	17
第四节 天平的使用方法和称量方法	18
第五节 天平的安装和维护	22
第六节 分析天平实验	24
实验一 电光天平称量练习	24
实验二 电子天平称量练习	25
实验三 氯化钡中结晶水的测定	27
第三章 滴定分析仪器及基本操作	31
第一节 滴定管	31
第二节 移液管和吸量管	34
第三节 容量瓶	36
第四节 量器的校正	37

第四章 酸碱滴定法	41
实验四 酸碱标准溶液的配制和相互比较滴定	41
实验五 酸碱标准溶液浓度的标定	44
实验六 铵盐中氮含量的测定 (甲醛法)	47
实验七 混合碱的测定 (双指示剂法)	48
实验八 食醋总酸量的测定	50
实验九 食品中有机酸总酸度的测定 (设计性实验)	51
第五章 配位滴定法	53
实验十 EDTA 标准溶液的配制与标定	53
实验十一 自来水总硬度及钙、镁含量的测定	55
实验十二 铅、铋混合液中铅、铋含量的连续测定	57
实验十三 方案设计实验	58
第六章 氧化还原滴定法	60
实验十四 高锰酸钾标准溶液的配制和标定	60
实验十五 高锰酸钾法测定过氧化氢的含量	62
实验十六 水样中化学耗氧量 (COD) 的测定 (高锰酸钾法)	63
实验十七 补钙制剂中钙含量的测定 (高锰酸钾间接滴定法)	64
实验十八 重铬酸钾法测定亚铁盐中的铁	66
实验十九 I_2 和 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液的配制及标定	67
实验二十 间接碘量法测定胆矾中的铜	70
实验二十一 碘量法测定葡萄糖的含量	71
实验二十二 碘量法测定维生素 C 含量的方案设计	73
第七章 沉淀滴定法	75
实验二十三 氯化物中氯含量的测定 (莫尔法)	75
实验二十四 氯化物中氯含量的测定 (佛尔哈德法)	77
实验二十五 方案设计实验	78
第八章 重量分析法	81
第一节 重量分析法基本操作	81
第二节 重量分析法实验	88

实验二十六 二水合氯化钡中钡含量的测定 (硫酸钡晶形沉淀重量分析法)	88
第九章 吸光光度分析法	91
第一节 分光光度计的结构及使用	91
第二节 分光光度法实验	95
实验二十七 邻二氮菲分光光度法测定铁	95
实验二十八 食品中 NO_2^- 含量的测定	99
实验二十九 铬天青 S 分光光度法测定微量铝	102
实验三十 方案设计实验	104
第十章 电位分析法	105
第一节 ZD-2 型自动电位滴定仪	105
第二节 电位分析法实验	110
实验三十一 电位法测量水溶液的 pH	110
实验三十二 水中微量氟的测定(离子选择电极法)	111
实验三十三 电位滴定法测定氯离子含量	114
实验三十四 方案设计实验	117
第十一章 气相色谱分析法	118
第一节 SP-3400 型气相色谱仪的使用说明	118
第二节 气相色谱法实验	122
实验三十五 酒中杂油醇、甲醇的色谱测定	122
实验三十六 涂料中苯、甲苯、二甲苯的测定	124
第十二章 原子吸收分光光度法	127
第一节 WFX-120 原子吸收分光光度计的使用说明	127
第二节 原子吸收分光光度法实验	132
实验三十七 火焰原子吸收法测定钙	132
实验三十八 人发中锌的测定	134
第十三章 计算机在分析化学实验中的应用	137
实验三十九 高次方程求解	137
实验四十 学生实验数据的评价	138
实验四十一 滴定曲线	138

实验四十二	滴定分析终点过程演示	139
实验四十三	磷酸电位滴定实验数据处理	141
实验四十四	吸光光度法的吸收曲线	141
实验四十五	吸光光度法的工作曲线	143
附录		144
附录一	消防与救护知识	144
附录二	特种试剂的配制	145
附录三	常用浓酸、浓碱的密度和浓度	147
附录四	常用基准物质及其干燥条件与应用	148
附录五	常用熔剂和坩埚	149
附录六	相对原子质量表	150
附录七	常用化合物的相对分子质量表	151
附录八	滤器及其使用	154
附录九	常用洗涤剂	155
附录十	缓冲溶液	156
主要参考文献		163

第一章 分析化学实验的基本知识



第一节 分析化学实验的目的和要求

一、实验目的

分析化学是一门实践性很强的学科。学生通过实验应达到下述目的：

- (1) 巩固、扩大和加深对分析化学基本理论的理解，做到理论联系实际。
- (2) 正确、熟练地掌握分析化学实验的基本操作与技能，学习并掌握典型的分析方法。
- (3) 确立严格的“量”的概念，了解并掌握影响分析结果的关键环节，学会正确、合理地选择实验条件和实验仪器，以保证实验结果的可靠性。
- (4) 通过综合设计实验，训练独立分析、解决问题的能力。
- (5) 培养严谨和实事求是的科学作风，以及认真、细致、整洁而有序的良好科学学习习惯。

二、实验要求

- (1) 实验前，必须认真预习，做到心中有数。理解实验原理，熟悉操作步骤及注意事项，做好预习纲要（包括画出记录表格）。未预习者不得进行实验。每次实验前，教师要逐个检查学生的预习情况，并进行提问。
- (2) 实验中要虚心接受教师指导，精心操作，仔细观察，严守规程，手脑并用。
- (3) 每人必备实验专用的记录报告本，所有测量数据及有关现象，必须及时、如实、清楚地一次记录在实验本上，不许用纸片和铅笔，更不准涂改与伪造数据。
- (4) 严格遵守实验室规章、制度。保持室内整洁、安静，实验台面清洁，仪器摆放整齐、有序。要爱护仪器设备、节约药品，注意安全。

(5) 实验完毕后,要全面做好清理工作。清点药品,洗涤仪器,按规定要求放置好药品和仪器。切断电源、关好水阀,搞好室内卫生,方可离开实验室。

(6) 实验后,及时整理、计算和分析所得结果和数据,认真写好实验报告,按时交教师批阅。报告要求字迹工整,数据准确、简明,符合有效数字的规定,图表清晰,一般当堂课上交实验报告。实验或报告不符合要求者,必须重做或重写,并及时总结经验教训,使自己不断提高。

第二节 仪器分析实验的基本要求

(1) 了解有关分析方法及其仪器结构的基本原理、仪器主要部件的功能、操作程序和应注意的事项。

(2) 学会正确使用仪器。要在教师指导下熟悉和使用仪器,勤学好问,未经教师允许不得随意开动或关闭仪器,更不得随意旋转仪器旋钮,改变仪器工作参数。

(3) 了解有关分析方法的特点、应用范围及局限性。学会根据试样情况选择最合适的分析方法及最佳的实验条件。

(4) 掌握有关分析方法的分析步骤和对实验数据进行处理的方法。

(5) 爱护实验室的仪器设备。实验中如发现仪器工作不正常,应及时报告教师处理。每次实验结束,应将所用仪器复原,罩好防尘罩,清洗好用过的器皿,整理好实验室。

第三节 实验室安全知识

实验中,总少不了使用水、电和各种药品、仪器,如果马虎、随意、违反操作规则,不但会造成实验的失败,还可能引发各种事故,造成失火、爆炸、跑水、中毒、烫伤或烧伤等。这样,国家财产遭受损失,个人健康也受到损害。对此,我们必须坚决制止,千方百计地杜绝一切事故的发生!实际上,只要我们思想重视,又严格遵守各项规程,事故是完全可以避免的。

(1) 实验室内禁止饮食、吸烟;切勿以实验用容器代替水杯、餐具使用。各种化学试剂不得入口;实验结束后要洗手。

(2) 使用浓酸、浓碱及其他具有强烈腐蚀性的试剂时,操作要小心谨慎,勿溅在皮肤、衣服或鞋袜上。用 HNO_3 、 HCl 、 HClO_4 、 H_2SO_4 溶解样品,常产生易挥发的有毒或强腐蚀性气体,要在通风橱内进行。

(3) 使用 KCN、 As_2O_3 、 HgCl_2 等剧毒品时更要特别小心，不得误入口内或接触伤口，用过的废物、废液应回收，加以特殊处理。氰化物与酸作用会放出剧毒的 HCN！严禁在酸性介质中加入氰化物。

(4) 使用 CCl_4 、 CHCl_3 、乙醚、苯、丙酮等有毒或易燃的有机溶剂时，一定要远离火焰及其他热源；敞口操作并有挥发时，应在通风橱内进行；用后盖紧瓶塞，置阴凉处存放。用过的废液倒入回收瓶，不要倾入水槽中。低沸点、低闪点的有机溶剂不得在明火或电炉上直接加热，而应在水浴或电热套中加热。

(5) 使用高压气体钢瓶（如氢气、乙炔）时，要严格按操作规程进行操作，钢瓶应存放远离明火、通风良好的地方。钢瓶在更换前仍应保持一部分压力。

(6) 使用各种仪器时，要在教师讲解或阅读操作规程后，方可动手操作。

(7) 实验室应保持整洁，废纸、废毛刷、玻璃碎片应投入废物桶内。要保持水槽的清洁，废酸、废碱应小心倒入废液缸内，切勿倒入水槽，以免腐蚀下水管道。

(8) 使用汞时要特别小心，切勿泼洒在实验台面和地面上，使用后的汞切不可倒入下水道或废物桶内，应倒入专用的回收容器中，一旦发现少量汞洒落，应尽量收集干净，然后在可能洒落的地方撒上硫黄粉，最后清扫干净，并集中做固体废物处理。

(9) 离开实验室时，必须逐个认真检查电闸、水阀（尤其遇停水、断电时），关闭好水、电、门、窗。

第四节 纯水的制备及检验

一、纯水的制备

在化学实验中，根据任务及要求的不同，对水的纯度要求也不同。对于一般的分析工作，采用蒸馏水或去离子水即可；而对于超纯物质分析，则要求纯度较高的“高纯水”。由于空气中的 CO_2 可溶于水中，故水的 pH 常小于 7，一般 pH 约为 6。

由于制备纯水的方法不同，带来杂质的情况也不同。常用以下几种方法制备纯水。

1. 蒸馏法 目前使用的蒸馏器的材质有玻璃、金属铜、石英等，蒸馏法只能除去水中非挥发性的杂质，而溶解在水中的气体并不能除去。蒸馏水中杂质含量如表 1-1 所示。

表 1-1 蒸馏水中杂质含量

蒸馏器名称	杂质含量/(mg·mL ⁻¹)				
	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Fe ³⁺	Mo(VI)
铜蒸馏器	1	10	2	2	2
石英蒸馏器	0.1	0.5	0.04	0.02	0.001

2. 离子交换法 用离子交换法制取的纯水称为去离子水, 目前多采用阴、阳离子交换树脂的混合床装置来制备。此法的优点是制备的水量大, 成本低, 除去离子的能力强; 缺点是设备及操作较复杂, 不能除去非电解质杂质, 而且有微量树脂溶在水中。去离子水杂质含量如表 1-2 所示。

表 1-2 去离子水杂质含量

杂质项目	Cu ²⁺	Zu ²⁺	Mn ²⁺	Fe ³⁺	Mo(VI)	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺
含量/(mg·mL ⁻¹)	<0.002	0.05	<0.02	0.02	<0.02	2	0.2	<0.06
杂质项目	Ba ²⁺	Pb ²⁺	Cr ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	B, Sn, Si, Ag		
含量/(mg·mL ⁻¹)	0.006	0.02	0.02	<0.002	0.002	不可检出		

3. 电渗析法 电渗析法是在离子交换技术的基础上发展起来的一种方法。它是在外电场的作用下, 利用阴、阳离子交换膜对溶液中离子的选择性透过而使溶质和溶剂分离, 从而达到净化水的目的。此方法除去杂质的效率较低, 适用于要求不很高的分析工作。

二、纯水的检验

纯水的检验有物理方法(测定水的电阻率)和化学方法两类。根据一般分析实验的要求, 将检验纯水的主要项目介绍如下。

1. 电阻率 水的电阻率越高(表 1-3), 表示水中的离子越少, 水的纯度越高。25℃时, 电阻率为 $1.0 \times 10^6 \sim 10 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 的水称为纯水, 电阻率大于 $10 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 的水称为高纯水, 高纯水应保存在石英或塑料容器中。

表 1-3 各级水的电阻率

水的类型	电阻率(25℃)/(Ω·cm)
自来水	~1900
一次蒸馏水(玻璃)	~ 3.5×10^6
三次蒸馏水(石英)	~ 1.5×10^6
混合床离子交换水	~ 12.5×10^6

(续)

水的类型	电阻率 (25℃) / ($\Omega \cdot \text{cm}$)
28 次蒸馏水 (石英)	$\sim 16 \times 10^6$
绝对水 (理论最大电阻率)	$\sim 18.3 \times 10^6$

2. pH 用酸度计测定与大气相平衡的纯水的 pH, 一般应为 pH 6 左右。采用简易化学方法测定时, 取两支试管, 在其中各加 10 mL 水, 于甲试管中滴加 0.2% 甲基红 (变色范围 pH 4.2~6.2) 2 滴, 不得显红色, 于乙试管中滴加 0.2% 溴百里酚蓝 (变色范围 pH 6.0~7.6) 5 滴, 不得显蓝色。

3. 硅酸盐 取 10 mL 水于一小烧杯中, 加入 5 mL $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$ 和 5 mL 5% 钼酸铵溶液, 室温下放置 5 min。然后, 加入 5 mL 10% Na_2SO_3 溶液, 观察是否出现蓝色, 如呈现蓝色则不合格。

4. 氯化物 取 20 mL 水于试管中, 用 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$ 溶液 1 滴酸化, 加入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液 1~2 滴, 如出现白色乳状物, 则不合格。

5. 金属离子 取 25 mL 水, 加入 0.2% 铬黑 T 指示剂 1 滴, 5 mL pH 为 10 的氨性缓冲溶液, 如呈现蓝色, 说明 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子含量甚微, 水合格。如呈现紫红色, 则说明水不合格。

第五节 化学试剂

化学试剂一般是指具有一定纯度标准的各种单质和化合物。化学试剂是分析实验中不可缺少的物质, 试剂的质量及选择恰当与否, 将直接影响到测定结果的好坏。因此, 我们有必要对试剂的性质、用途适当了解, 以免造成失误和损失。

化学试剂的种类繁多, 世界各国对化学试剂的分类和分级标准不尽一致。我国化学试剂产品有国家标准(GB)、化工部标准(HG)及企业标准(QB)三级。

化学试剂的规格 (或级别) 是以其中含杂质的多少来划分的。通用试剂是化学实验室最普遍使用的试剂, 一般可分为四个等级, 其规格、标志和适用范围见表 1-4。

表 1-4 化学试剂等级对照表

级别	我国化学试剂等级标志				德、英、美等国 通用等级和符号	俄罗斯等国家的 等级和符号
	名称	符号	标签颜色	主要用途		
一级品	优级纯 (保证试剂)	G. R.	绿	精密分析实验	G. R.	化学纯 X. P.

(续)

级别	我国化学试剂等级标志				德、英、美等国 通用等级和符号	俄罗斯等国家的 等级和符号
	名称	符号	标签颜色	主要用途		
二级品	分析纯 (分析试剂)	A. R.	红	一般分析实验	A. R.	分析纯 ч. л. А
三级品	化学纯	C. P.	蓝	一般化学实验	C. P.	纯 ч.
四级品	实验室试剂	L. R.	黄等	辅助试剂		
	生物试剂	B. R.	黄等	生物化学、		
		C. R.		医用化学实验		

此外, 还有一些特殊用途的所谓高纯试剂, 如基准试剂 (P. T.)、光谱纯试剂、色谱纯试剂等。这些试剂根据实验要求都具有一定的标准。例如:

1. **基准试剂** 用作滴定分析的基准物质, 标定溶液或直接配制标准溶液。其纯度高于或相当于优级纯, 瓶签为浅绿色。

2. **光谱纯试剂** 用作光谱分析中的标准物质, 其杂质含量用光谱分析法已检测不出或低于某一限度。

3. **色谱纯试剂** 用作色谱分析的试剂, 其杂质含量用色谱分析法已检测不出或低于某一限度含量。其中, 代号 G. C. 为气相色谱分析专用; 代号 L. C. 为液相色谱分析专用。

按规定, 试剂瓶的标签上应标示试剂的名称、化学式、摩尔质量、级别、技术规格、产品标准号、生产许可证号、生产批号、厂名等, 危险品和毒品还应给出相应的标志。

第六节 玻璃器皿的洗涤

分析化学实验中使用的玻璃器皿应洁净透明, 并无肉眼可见的污物, 其内外壁能为水均匀地润湿且不挂水珠。

器皿的洗涤原则是“用毕立即洗刷”。如待污物干结后再洗, 必将事倍功半。

一般的玻璃器皿, 如烧杯、锥形瓶、试剂瓶等, 可用毛刷蘸取合成洗涤剂、肥皂液等直接刷洗, 再用自来水冲洗干净, 最后用少量纯水 (蒸馏水或去离子水) 润洗内壁 2~3 次, 以除去残留的自来水, 然后放洁净处备用。

具有精确刻度的量器, 如滴定管、移液管、吸量管和容量瓶等, 为了避免

容器机械磨损而影响容积测量的准确度,一般不用刷子刷洗,可以用合成洗涤剂刷洗,必要时可用热的洗涤剂浸泡一段时间后,再用自来水洗净。若此法仍不能洗净,可用铬酸洗液洗涤。洗涤时,用铬酸洗液浸泡内壁后,用大量自来水冲洗干净,再用纯水润洗几次。其外壁可用合成洗涤剂刷洗。

光度分析用的吸收池以及比色管等,容易被有色溶液或有机试剂染色,通常用盐酸-乙醇(1:2)洗涤液浸泡内外壁后再用水洗净。

仪器分析,尤其是微量、痕量分析实验所用的器皿,常用1:1(或1:2)的盐酸或硝酸溶液浸泡,必要时加热,以除去微量金属氧化物及金属离子杂质。石英器皿还可使用 $\text{HF}-\text{HNO}_3$ 洗涤液进行洗涤,有利于洗净微量的金属离子。

量器不能用去污粉刷洗,只可用洗涤液浸泡。其中,铬酸洗液因具有很强的氧化能力而对玻璃的腐蚀作用又极小,所以一直被实验室最广泛地采用。操作中应注意:

(1) 加洗液前,尽量倾尽仪器内的水,以免洗液稀释后降低洗涤效率。由于洗液作用较慢,应使仪器内壁布满后稍停一会儿或浸泡数分钟。

(2) 洗液应反复使用,用后倒回原瓶并随即盖严,以防吸水。当洗液由棕红变为绿色(Cr^{3+})时,即已失效,可再加入适量的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,加热溶解,并蒸去大部分水后继续使用。失效的废液不能倒入下水道中,而应倒在指定的废液缸里,另行处理。

(3) 洗液具有强腐蚀性,易烫伤皮肤,烧坏衣物。使用时要注意安全,绝对不能用品口吸,只能用洗耳球。要避免溅到手上、衣物上、实验台上及地上,一旦溅上应立即用水冲洗并擦净。

(4) 由于六价铬毒性较大,对人体健康有害,大量使用会污染环境;况且,铬酸洗液并非万能,不是任何污垢都能用它洗去。所以,凡不必要使用铬酸洗液的仪器则应选用其他洗涤液。本书实验中,铬酸洗液主要用于滴定管、移液管、吸量管和容量瓶的洗涤。

洗涤过程中,纯水应在最后使用,即仅用它来洗掉残留的自来水。还应强调一点,要按照少量多次的原则,尽量将前次残留的水倒尽后再淋第二次,并采用顺壁冲淋且加摇荡的办法,以提高洗涤效率,这样既节约水又节约时间。每次用水为仪器总容积的5%~20%,一般在10 mL左右即可。

第七节 实验数据的记录、处理和实验报告

一、实验数据的记录

学生应有专门的实验记录本,标上页码,不得撕扯。绝不允许把数据记在

单页纸上或小纸片上,或随意记录在其他任何地方。

实验过程中的各种测量数据及有关现象,应立即、准确而清晰地记录下来。要特别指出,对数据的记录,要有严谨的科学态度,要实事求是,切忌掺杂个人主观因素,绝不能随意拼凑和假造数据。

实验过程中涉及的各种特殊仪器和标准溶液的浓度等,也应及时、准确地记录下来。

记录实验中的测量数据时,应注意其有效数字的位数。用分析天平称重时,要记录至0.0001g;滴定管及移液管的读数,应记录至0.01mL;用分光光度计测量溶液吸光度时,一般应记录至0.001的读数。

实验记录本上的每一个数据,都是测量结果,所以重复观测时,即使数据完全相同,也应记录下来。

进行记录时,对文字记录,应整齐、清洁;对数据记录,最好用一定的表格形式,这样既简明又清楚。

实验过程中,如发现数据算错、测错或读错而需要改动时,可将该数据用一横线划去,并在其上方写上正确的数字,而不要在原处涂抹。

二、分析数据的处理

在平时的分析实验中,一般对每个试样平行测定3~4次即可,数据处理比较简单。但对要求非常准确的分析,如标准试样成分的测定,则需要进行多次测定(5~9次)。然后用统计方法进行处理。

1. 评价分析结果的参数 为了衡量分析结果的精密度,一般对单次测定的一组结果 $x_1, x_2, \dots, x_n$,计算出算术平均值 $\bar{x}$ 后,应再用单次测量结果的相对偏差、平均偏差、标准偏差、相对标准偏差和置信区间表示出来,这些统计量是分析实验中最常用的几种处理数据的表示方法。

$$\text{算术平均值} \quad \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{相对偏差} \quad d_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{平均偏差} \quad \bar{d} &= \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \dots + |x_n - \bar{x}|}{n} \\ &= \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n} \\ &= \frac{\sum |d_i|}{n} \end{aligned}$$