

手边不可缺少的学习帮手，伴你走过漫长的求学之路



药学笔记系列丛书

总主编 谭毓治

分析化学笔记

主编 温金莲

板书与教案——重点难点，一目了然

重点词汇——中英对照，强化记忆

自我测试与考研实战——举一反三，注重应用

相关链接——趣味学习，博古通今

助记图表——提纲挈领，掌握规律



科学出版社

www.sciencepress.com

药学笔记系列丛书

总主编 谭毓治

分析化学笔记

科学出版社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229,010-64034315,13501151303(打假办)

内 容 简 介

本书为《药学笔记系列丛书》的一个分册。本书以笔记提纲、挂线图表等形式简单明了地将药学本科教材《分析化学》中的基本概念、基本原理和基本知识进行高度概括和提炼,突出重点与难点,是一本富知识性、趣味性,轻松生动的分析化学课外学习辅导书。全书共分二十一章,涵盖数据处理、化学分析与仪器分析等内容。每章内容分板书与教案、重点词汇、自我测试与考研实战三大部分,各章节还适当穿插了相关知识链接部分,使本书极具科学趣味性。

本书主要作为药学类各专业本(专)科学生,包括成人教育、自学考试学生学习的辅导教材,也可作为研究生考试的辅导教材,对从事相关学科教学的教师和参加药学专业职称晋升考试的人员亦有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学笔记 / 温金莲主编. —北京:科学出版社,2009

(药学笔记系列丛书 / 谭毓治总主编)

ISBN 978-7-03-026107-6

I. 分… II. 温… III. 分析化学-高等学校-教学参考资料 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 216219 号

策划编辑:王 霞 / 责任编辑:黄相刚 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

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>

骏主印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 1 月第一次印刷 印张:17

印数:1—5 000 字数:395 000

定价:29.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《药学笔记系列丛书》编委会

总主编 谭毓治

编 委 (以姓氏笔画为序)

龙晓英

刘云军

严寒静

吴文娟

宋粉云

张万金

赵 红

姬生国

程力惠

温金莲

谭毓治

秘 书 陈小夏

《分析化学笔记》编写人员

主 编 温金莲

副主编 郭丽冰

编 者 (以姓氏笔画为序)

朱明芳

张珍英

周 清

钟 晨

高金波

郭 琦

郭丽冰

唐 睿

彭 彦

温金莲

《药学笔记系列丛书》前言

为帮助药学及相关专业学生学习、复习、掌握主要基础课、专业基础课及专业课的知识及其学习运用方法,今年初,科学出版社编辑和有关领导选定了这个题目,组织出版一套适合于药学及相关专业主要课程的笔记系列丛书,并把写作的任务交给了我们。参加撰写这套丛书的二十余所院校的近八十位作者,均是教学经验丰富的教学一线的老师。在编写过程中,主要参考了普通高等教育“十一五”国家级规划教材(供药学专业使用),以及全国几个主要药学院校有关课程的教学大纲,并结合了编者多年的教学经验。

这套丛书共选择药学专业的十一门主要课程,包括无机化学、有机化学、物理化学、分析化学、药用植物学、生药学、药理学、药物分析、药物化学、天然药物化学、药剂学。

每章编写内容分为板书与教案、重点词汇、自我测试与考研实战(练习题均附有参考答案)、助记图表、相关链接等。板书与教案部分以各章节主要知识点为脉络,详解重点难点,是教学的重点和复习的重点。重点词汇列出了各章的主要专业术语或主要药名的中英文,强化学生记忆。自我测试与考研实战吸收历年考试及考研试题,并附有参考答案,可供学习者自我检测之用。助记图表将各章重要内容进行提炼、总结和归纳,形成图或表,把理解记忆、形象记忆、比较记忆结合起来,有利于对内容的记忆和掌握。相关链接收集了与各章内容相关的进展、小提示、背景知识、药物发展史或趣闻小品等,有利于活跃版面,扩展知识面。每本书的字数控制在各门课程教科书的40%左右,有利于帮助同学们在厚厚的教材中抓住重点。对于临考考生,本书又可以成为离开教材仍能独立使用的贴身笔记。

本套丛书主要作为药学类专业本(专)科学生,包括成人教育、自学考试学生的辅导教材,也可作为研究生考试的辅导教材使用。对从事药学教学的教师和参加药学专业人员职称晋升考试者,亦有很好的参考价值。

我们希望这套丛书变成一组开启药学知识宝库的钥匙,奉献给正在勤奋学习、不断思考、不断进步的同学们!

在本套丛书即将出版之际,感谢参与本套丛书编写和审校的人员,他们付出了很多心血和时间。尽管我们注入大量心血,但疏忽纰漏之处在所难免,恳请广大读者提出建议和批评。联系信箱:tanyuzhi@163.com。

总主编 谭毓治

2009年10月18日于广东药学院

前 言

本书编写内容和章节顺序与普通高等教育“十一五”国家级规划教材《分析化学》(供药学类专业用)基本一致,每章内容分板书与教案、重点词汇、自我测试与考研实战三大部分,各章节还适当穿插了相关知识链接部分。在板书与教案部分,主要以笔记及提纲的方式将药学本科教材《分析化学》中的基本知识、基本内容、基本理论进行高度概括和提炼,突出重点与难点,使复杂问题简单化,抽象问题直观化,进而提高学生们的学习效率,使其在最短的时间内能够较好地掌握分析化学的基本知识、基本内容、基本理论。在重点词汇部分,列出分析化学常用名词术语的英汉对照,帮助学生学习和掌握分析化学常用英文词汇。在自我测试与考研实战部分,以全国高等医药院校规划教材本科教学大纲为依据,对相应的知识点编写出一些典型的习题并附解答。在相关链接部分,插入与一些相应知识有关的背景知识以及相关的趣味故事,一些事件的发现和解决方法等,具有浓厚的科学趣味性,可扩大读者的视野,活跃学习气氛。

参加本书编写的有佳木斯大学高金波,西安交通大学医学院郭琦,华中科技大学同济药学院彭彦,广东药学院温金莲、郭丽冰、朱明芳、钟晨、唐睿、周清、张珍英。参编者都是长期从事分析化学教学工作的骨干教师,具有丰富的教学经验。在本书编写过程中,编者边教学、边写作,认真研究和筛选各类题型。相信本书不仅对广大在校本科生学好分析化学有很大的帮助与指导作用,对参加硕士研究生入学考试的考生以及参加执业药师考试的药学工作者也有很大的帮助。

由于编者水平和时间有限,书中难免存在错误和疏漏,敬请各位读者提出宝贵意见。

编 者

2009年4月

目 录

第一章 绪论	(1)	第二节 氧化还原滴定的基本	
第一节 分析化学的任务与作用	(1)	原理	(79)
第二节 分析化学的方法分类	(1)	第三节 碘量法	(80)
第三节 分析化学的发展	(3)	第四节 高锰酸钾法	(81)
第四节 分析过程和步骤	(3)	第五节 亚硝酸钠法	(81)
第五节 分析化学的学习方法	(3)	第六节 其他氧化还原滴定法	(82)
第二章 误差与分析数据处理	(6)	第七章 沉淀滴定法和重量分析法 ...	(91)
第一节 测量值的准确度与精密度		第一节 沉淀滴定法	(91)
.....	(6)	第二节 重量分析法	(95)
第二节 有效数字及其运算法则	(9)	第八章 电位法和永停滴定法	(103)
第三节 有限量测量数据的统计		第一节 电化学分析法概述	(103)
处理	(10)	第二节 电位法的基本原理	(103)
第三章 滴定分析法概论	(25)	第三节 直接电位法	(105)
第一节 滴定分析法和滴定方式 ...	(25)	第四节 电位滴定法	(107)
第二节 标准溶液	(27)	第五节 永停滴定法	(108)
第三节 滴定分析中的计算	(28)	第九章 光谱分析法概论	(119)
第四节 滴定分析中的化学平衡 ...	(30)	第一节 电磁辐射及其物质的	
第四章 酸碱滴定法	(38)	相互作用	(119)
第一节 酸碱溶液中氢离子浓度		第二节 光学分析法的分类	(120)
的计算	(38)	第三节 光谱分析仪器	(121)
第二节 酸碱指示剂	(39)	第十章 紫外-可见分光光度法	(125)
第三节 酸碱滴定法的基本原理 ...	(40)	第一节 紫外-可见分光光度法	
第四节 滴定终点误差	(43)	的基本原理和概念	(125)
第五节 非水溶液中的酸碱滴定		第二节 紫外-可见分光光度计 ...	(128)
法	(44)	第三节 紫外-可见分光光度分	
第五章 配位滴定法	(56)	析方法	(129)
第一节 概述	(56)	第十一章 荧光分析法	(138)
第二节 配位滴定法的基本原理 ...	(57)	第一节 荧光分析法的基本原	
第三节 配位滴定条件的选择	(62)	理	(138)
第六章 氧化还原滴定法	(78)	第二节 荧光定量分析方法	(140)
第一节 氧化还原反应	(78)	第三节 荧光分光光度计和其他	

	荧光分析技术	(140)		分离机制	(205)
第十二章	红外吸收光谱法	(145)	第三节	色谱法基本理论	(206)
第一节	红外吸收光谱法的基本原理	(145)	第十七章	气相色谱法	(214)
第二节	有机化合物的典型光谱	(149)	第一节	气相色谱法的分类和一般流程	(214)
第三节	红外光谱仪	(152)	第二节	气相色谱固定相和流动相	(215)
第四节	红外吸收光谱分析 ...	(153)	第三节	气相色谱检测器	(217)
第十三章	原子吸收分光光度法 ...	(160)	第四节	分离条件的选择	(218)
第一节	原子吸收分光光度法的基本原理	(160)	第五节	毛细管气相色谱法	(219)
第二节	原子吸收分光光度计 ...	(162)	第六节	定性与定量分析	(221)
第三节	实验方法	(163)	第十八章	高效液相色谱法	(227)
第十四章	核磁共振波谱法	(171)	第一节	高效液相色谱法的主要类型和原理	(227)
第一节	核磁共振波谱法的基本原理	(171)	第二节	高效液相色谱法的固定相和流动相及其选择 ...	(229)
第二节	核磁共振仪	(172)	第三节	高效液相色谱仪	(233)
第三节	化学位移	(173)	第四节	高效液相色谱分析法	(234)
第四节	偶合常数	(176)	第十九章	平面色谱法	(239)
第五节	核磁共振氢谱的解析 ...	(180)	第一节	平面色谱法的分类和原理	(239)
第六节	核磁共振碳谱和相关谱简介	(181)	第二节	薄层色谱法	(240)
第十五章	质谱法	(188)	第三节	纸色谱法	(243)
第一节	质谱法基本原理和质谱仪	(188)	第二十章	毛细管电泳法	(248)
第二节	质谱中的主要离子及其裂解类型	(190)	第一节	毛细管电泳基础理论 ...	(248)
第三节	质谱分析法	(192)	第二节	毛细管电泳的主要分离模式	(249)
第四节	综合解析一般程序	(194)	第三节	毛细管电泳仪	(250)
第十六章	色谱分析法概论	(203)	第二十一章	色谱联用分析法	(253)
第一节	色谱过程和基本原理 ...	(203)	第一节	色谱-质谱联用分析法 ...	(253)
第二节	基本类型色谱方法及其		第二节	其他联用分析法	(256)

第一章 绪 论

板书与教案

第一节 分析化学的任务与作用

1. 分析化学的定义 研究物质组成、含量、结构与形态等化学信息的分析方法及相关理论的学科。

2. 分析化学的任务
- (1) 定性分析: 鉴定物质体系的化学组成。
 - (2) 定量分析: 测定物质各组分的相对含量。
 - (3) 结构分析: 确定物质的分子结构或晶体结构。
 - (4) 形态分析: 研究物质的价态、配位态、晶型等存在的状态及其含量。

3. 分析化学的作用(表 1-1)

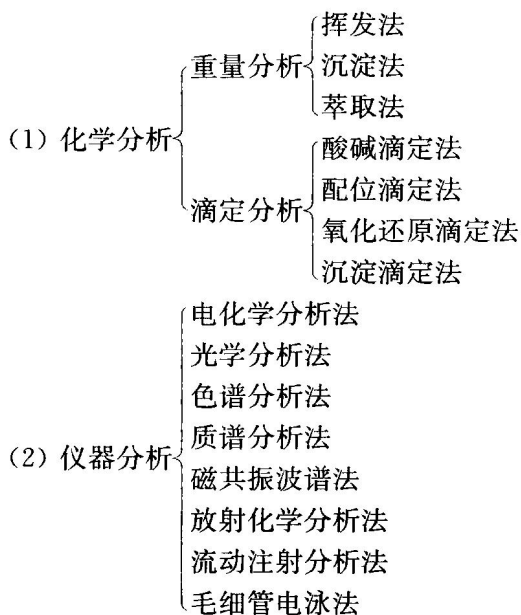
表 1-1 分析化学的作用

作用方面	作用
国民经济	工业 勘探资源;选择油田、煤矿、钢铁基地;分析生产中的原料、中间产品、成品等,是工业生产的眼晴
	农业 分析土壤、肥料、粮食、农药;研究农作物生长过程
科学研究	化学学科 确定定理和理论;发现化学元素;测定相对原子质量;建立元素周期律等
	其他自然科学 都起重要作用
医药卫生事业	鉴定药品、控制药品质量;研究新药;分离和测定中草药的有效成分;病因调查与诊断等
环境保护	环境分析;三废处理等
药学教育	是一门重要的专业基础课程

第二节 分析化学的方法分类

1. 按任务分类
- (1) 定性分析
 - (2) 定量分析
 - (3) 结构分析
 - (4) 形态分析
2. 按分析对象分类
- (1) 无机分析: 鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成及测定各组分的相对含量。
 - (2) 有机分析: 进行基团分析及结构分析,测定各组分的相对含量。

3. 按测量原理分类
- (1) 化学分析: 以物质的化学反应为基础, 按化学反应的计量关系进行定性、定量分析。
 - (2) 仪器分析: 以物质的物理性质或物理化学性质为基础, 通过测量物质的物理或物理化学参数进行物质的定性、定量及结构分析。



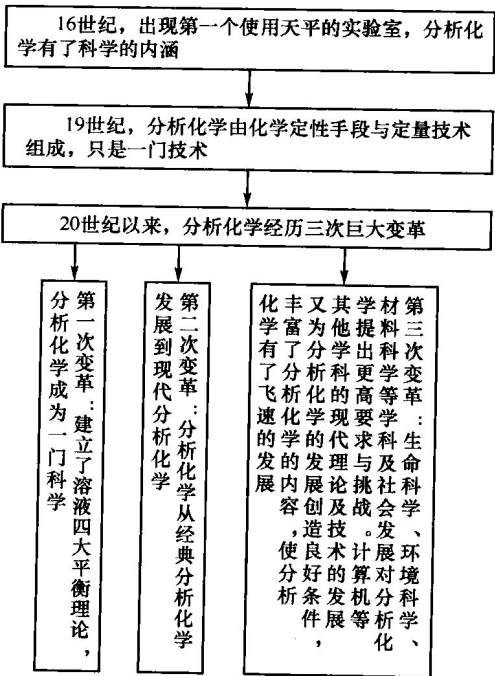
4. 根据试样用量分类(图 1-1)
- (1) 常量分析
 - (2) 半微量分析
 - (3) 微量分析
 - (4) 超微量分析

	常量分析	半微量分析	微量分析	超微量分析
试样质量	0.1g	0.01g	0.1mg	
试液体积	10ml	1ml	0.1ml	

图 1-1 各种分析方法的试样用量

5. 根据试样中被测组分的含量分类
- (1) 常量组分分析($>1\%$)
 - (2) 微量组分分析($0.01\% \sim 1\%$)
 - (3) 痕量组分分析($<0.01\%$)

第三节 分析化学的发展



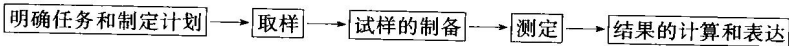
相关链接	
------	--

Arcger Martin 和 Richard Synge
发现分配色谱法, 获 1952 年诺贝尔
化学奖。

Jaroslav Heyrovsky 发现在滴汞电极上的浓度极化, 开创了极谱分析法, 获 1959 年诺贝尔化学奖。

第四节 分析过程和步骤

分析过程和步骤:



第五节 分析化学的学习方法

1. 掌握各类方法的基本理论、基本概念、基本计算方法及结果的计算与正确表达。
2. 牢固掌握各种实验技能,操作规范化;牢固树立“量”和“定量”的概念。
3. 学会查阅资料和文献,从中掌握所需的信息。

重点词汇

analytical chemistry: 分析化学

qualitative analysis: 定性分析

quantitative analysis: 定量分析

structural analysis: 结构分析

speciation analysis: 形态分析

inorganic analysis: 无机分析

organic analysis: 有机分析

elemental analysis: 元素分析

pharmaceutical analysis: 药物分析

environmental analysis: 环境分析

clinical analysis: 临床分析

chemical analysis: 化学分析

sample: 试样

reagent: 试剂

gravimetric analysis: 重量分析

titrimetric analysis: 滴定分析

volumetric analysis: 容量分析

instrumental analysis: 仪器分析

physical analysis: 物理分析

physicochemical analysis: 物理化学分析

mass spectrometry: 质谱

chromatography: 色谱

radiochemical analysis: 放射化学分析

macro analysis: 常量分析

semimicro analysis: 半微量分析

micro analysis: 微量分析

ultramicro analysis: 超微量分析

macro component analysis: 常量组分分析

micro component analysis: 微量组分分析

trace component analysis: 痕量组分分析

sampling: 取样

sample preparation: 试样制备

determination: 测定

standard operation procedure; SOP: 标准操作程序

自我测试与考研实战

填空题

1. 分析化学的任务是_____, _____, _____ 和 _____。
2. 按分析方法的测定原理分类, 分析化学分为_____ 和 _____。
3. 试剂用量 $>0.1\text{g}$ 或 10ml 的分析方法称_____。试剂用量在_____ 或 _____ 的分析方法称半微量分析法。试剂用量在 $0.01\text{g} \sim 0.1\text{mg}$ 或 $1\text{ml} \sim 0.01\text{ml}$ 的分析方法称_____。
4. 常量组分是指含量_____ 的组分; _____ 是指含量在 $0.01\% \sim 1\%$ 的组分; 痕量组分是指含量_____ 的组分。
5. 以物质的化学反应为基础, 按化学反应的计量关系进行定性、定量分析的方法称_____。
6. 化学分析法分为滴定分析法和_____。
7. 以物质的物理性质或物理化学性质为基础, 通过测量物质的物理或物理化学参数, 进行物质的定性、定量及结构分析的方法称为_____。
8. 鉴定物质体系的化学组成属于_____; 测定物质各组分的相对含量属于_____;

确定物质的分子结构或晶体结构属于_____；研究物质的价态、配位态、晶型等存在的状态及其含量属于_____。

附 参考答案

填空题

1. 定性分析；定量分析；结构分析；形态分析。
2. 化学分析；仪器分析。
3. 常量分析法；0.1g~0.01g；10ml~1ml；微量分析法。
4. $>1\%$ ；微量组分； $<0.01\%$ 。
5. 化学分析法。
6. 重量分析法。
7. 仪器分析法。
8. 定性分析；定量分析；结构分析；形态分析。

(温金莲)

第二章 误差与分析数据处理

板书与教案

第一节 测量值的准确度与精密度

一、准确度与误差

1. 准确度的定义 指测量值与真值(真实值)接近的程度。

2. 准确度的表示 用误差。

- 误差 { (1) 绝对误差: $\delta = x - \mu$ 可正, 可负; 有单位, 单位与测量值相同。
(2) 相对误差: $\frac{\delta}{\mu} \times 100\% = \frac{x - \mu}{\mu} \times 100\%$ 可正, 可负; 无单位。
当真实值不知道时可用多次平行测量值的算术平均值代替。

二、系统误差与偶然误差

- 误差分类 { (1) 系统误差 { 1) 方法误差
2) 仪器误差
3) 试剂误差
4) 操作误差
(2) 随机误差(偶然误差)

1. 系统误差

(1) 定义: 由确定(固定、可定)的原因引起的误差。

(2) 特点: 具单向性(大小、正负一定); 可消除(原因固定); 重复测定重复出现。

(3) 减免方法: 加校正值的方法。

- (4) 分类 { 1) 方法误差: 不当的实验设计或方法选择所引起的误差。
举例: 被测离子沉淀不完全; 指示剂不在滴定突跃范围内变色。
2) 仪器误差: 实验仪器不准确使测量数据不正确所引起的误差。
举例: 使用未校准的移液管; 分析天平不等臂、砝码锈蚀等。
3) 试剂误差: 实验试剂不纯或不合格使测量结果不正确所引起的误差。
举例: 基准物质中含有杂质; 蒸馏水或去离子水不合格。

- (4) 分类 {
- (4) 操作误差: 操作者主观原因和在实验过程中所作的不正确判断而引起的误差。
 - 举例: 对滴定终点颜色的确定习惯性偏深或偏浅; 对仪器指针或容器所显示的体积习惯性产生判断差异。

2. 偶然误差

- (1) 定义: 由不确定(不固定、不可定)的原因引起的误差。
- (2) 特点: 时大时小、时正时负; 分布服从统计学规律; 重复实验时不能重复出现; 不能消除, 但可减小。
- (3) 减免方法: 多次平行测量求平均值的方法。

三、精密度与偏差

1. 精密度的定义 测量值与测量值的平均值相接近的程度, 即指各测量值之间接近的程度。

2. 精密度的高低用偏差来表示

- (1) 绝对偏差 {
 - 计算公式: $d_i = x_i - \bar{x}$
 - 大小单位: 可正, 可负; 有单位(与测量值的单位相同)。
 - 特点: 有几个测量值就存在几个绝对偏差。
- (2) 平均偏差 {
 - 计算公式: $\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |d_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$
 - 大小单位: 均为正值, 有单位(与测量值的单位相同)。
 - 特点: 无论有几个测量值只有一个平均偏差。
- (3) 相对平均偏差 {
 - 计算公式: $\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$
 - 大小单位: 均为正值, 无单位。
 - 特点: 无论有几个测量值只有一个相对平均偏差。
- (4) 标准偏差 {
 - 计算公式: $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
 - 大小单位: 均为正值, 有单位(与测量值的单位相同)。
 - 特点: 只有一个值, 能突出较大偏差对结果影响的绝对程度。
- (5) 相对标准偏差 {
 - 计算公式: $RSD(\%) = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$
 - 大小单位: 均为正值, 无单位。
 - 特点: 能突出较大偏差对结果影响的相对程度。

3. 几个重要概念与它们的关系

- (1) 重复性: 在同样操作条件下, 在较短时间间隔内, 由同一分析人员对同一试样测定所得结果的接近程度。
- (2) 中间精密度: 在同一实验室内, 由于某些试验条件改变, 如时间、分析人员和仪器设

备等对同一试样测定结果的接近程度。

(3) 重现性: 在不同实验室之间, 由不同分析人员对同一试样测定结果的接近程度。

四、准确度与精密度的关系(图 2-1)

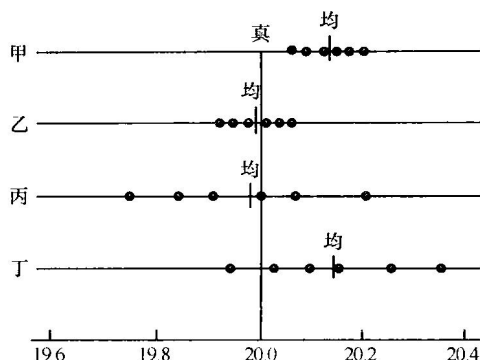


图 2-1 准确度与精密度关系示意图

相关链接

甲的精密度很高, 但准确度较低。

乙的精密度、准确度均好, 结果可靠。

丙的精密度很差, 但准确度很高, 纯属偶然, 并不可取。

丁的精密度和准确度均较差。

结论: 准确度高, 要求精密度一定高; 但精密度好, 准确度不一定高; 准确度反映了测量结果的正确性, 精密度反映了测量结果的重现性。

五、误差的传递

1. 系统误差的传递

(1) 加减法算式: $R = x + y - z$

传递结果: $\delta_R = \delta_x + \delta_y - \delta_z$

(2) 乘除法算式: $R = \frac{x \cdot y}{z}$

传递结果: $\frac{\delta_R}{R} = \frac{\delta_x}{x} + \frac{\delta_y}{y} - \frac{\delta_z}{z}$

2. 偶然误差的传递

(1) 极值误差法

① 加减法算式: $R = x + y - z$

传递结果: $\Delta R = |\Delta x| + |\Delta y| + |\Delta z|$

② 乘除法算式: $R = \frac{x \cdot y}{z}$

传递结果: $\frac{\Delta R}{R} = \left| \frac{\Delta x}{x} \right| + \left| \frac{\Delta y}{y} \right| + \left| \frac{\Delta z}{z} \right|$

相关链接

和、差的绝对误差等于各测量值绝对误差的和、差。

积、商的相对误差等于各测量值相对误差的和、差。

相关链接

该方法的思路是, 测量结果中各步骤测量值的误差既是最大的, 又是叠加的, 是一种不乐观的估计。

和、差的最大误差等于各测量值最大误差绝对值的和。

积、商的最大相对误差等于各测量值最大相对误差绝对值的和。