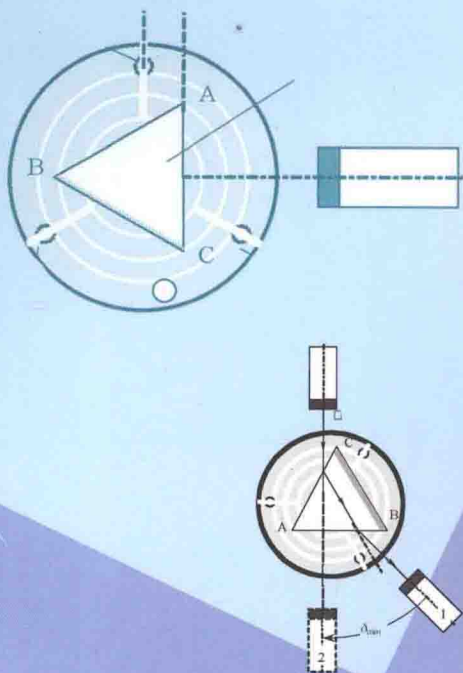


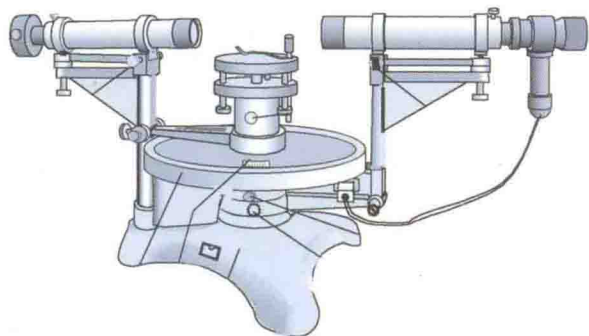


全国高等农林院校“十一五”规划教材



大学物理实验教程

陈晓春 周 兵 主编



中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

大学物理实验教程

陈晓春 周 兵 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理实验教程/陈晓春, 周兵主编. —北京: 中国农业出版社, 2010. 1

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-14262-6

I. 大… II. ①陈…②周… III. 物理学-实验-高等学校-教材 IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 002018 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)

策划编辑 薛 波

文字编辑 魏明龙

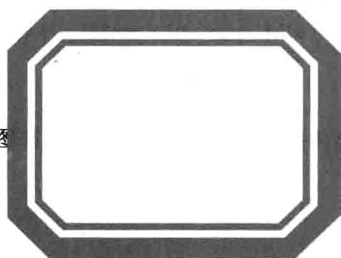
北京三木印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月北京第 1 次印刷

印张: 16

(凡本版图

出版社发行部调换)



内 容 提 要

本教材是全国高等农林院校“十一五”规划教材。它是依据教育部高等学校物理学与天文学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2008.1)和全国高等农林水院校第十次物理教学和科研研讨会(2008.7, 浙江临安)精神,综合各参编院校多年教学经验和改革的成果编写而成。全书内容共分五章,第一章物理实验概论,讲述不确定度的评定、数据处理的一般方法和实验方法简介;第二章基础实验,共编入包括力学、热学、电磁学、光学实验24个;第三章综合与近代物理实验,编入实验11个;第四章应用性实验,编入5个专题共9个实验;第五章设计性实验,介绍设计实验的基本方法和11个设计性实验选题。所编入的实验都经过长期教学实践的锤炼,内容比较成熟,能够使学生在基本实验方法、基本实验技术和常用实验仪器的使用等方面得到比较全面而系统的训练。

本教材可作为高等农林院校中理工科及农林牧医各专业的大学物理实验教材,亦可作高等职业技术学院相关专业和生物科学工作者的参考书。

主 编 陈晓春 周 兵

副主编 刘 勇 韩学孟

参 编 (按姓氏笔画排序)

王白娟 张 宾 张晋恒

赵家松 段智英 韩秋菊

前 言

大学物理实验是理、工、农、医等各类院校学生进入大学后较早学习到的一门基础实验课程，是接受系统实验方法和实验技能训练的开端。它在培养学生实验动手能力以及严谨的科学态度和工作作风、增强科学创新意识、提高综合应用能力等方面均起着十分重要的作用。本教材是根据教育部高等学校物理学与天文学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2008.1)和全国高等农林水院校第十次物理教学和科研研讨会议(2008.7, 浙江临安)精神，综合各参编院校多年教学经验和改革的成果编写而成。

全书共分五章。第一章为物理实验概论，介绍实验误差和不确定度的概念、数据处理方法和常用的实验方法。第二章为基础实验，包括力学、热学、电磁学和光学的24个实验项目。第三章为综合与近代物理实验，第四章为应用性实验，第五章为设计性实验。在内容编排、处理和编写中，我们力图突出以下几点：

1. 为适应当今科学技术的发展，编写中摒弃了传统误差理论的一些概念和内容，以由国际权威组织制定的《测量不确定度表示指南》为标准来阐述不确定度的评定。考虑到大学物理实验的要求，我们进行了一些必要的简化，以使学生既能理解测量不确定度的概念和掌握评定不确定度的基本方法，又不会陷入过于严格繁琐的数学计算之中。

2. 按章节编写，打破传统实验教材的编写格式和内容的局限，突出实验教学的特点和规律性。一方面对实验的基本理论和基本实验方法进行了较全面系统的阐述，另一方面注重对学生实验技能的训练和实验素养的培养。

3. 按照循序渐进的原则，由浅入深，逐步提高。在基础实验中主要是训练学生基本实验仪器的使用，如何进行实验数据的采集，掌握处理实验数据的方法；在综合与应用实验专题中则注重实验方法、技能和综合实验能力的培养；设计性专题则是训练学生初步的科学研究能力。

4. 考虑到生物科学的特点，编入生物科学研究中常用到的物理实验技术，如真空技术、低温技术、光谱分析技术等5个专题供各校选用，亦可作为学生在后续课程学习中的参考资料。

5. 教材中所有名词和科学家人名在第一次出现时都附有相应的英文，物理量单位均统一使用国际单位制。

本教材由山西农业大学陈晓春和云南农业大学周兵任主编，东北农业大学刘勇和山西农业大学韩学孟任副主编。山西农业大学段智英、张宾，云南农业大学张晋恒、王白娟、赵家松，东北农业大学韩秋菊参编。全书由陈晓春总策划和统稿。

本教材在编写过程中参阅和引用了兄弟院校编写的同类教材中的有关内容和仪器生产厂家的说明书，得到了各位编者所在院校教务处领导和中国农业出版社的大力支持，在此我们向他们及所有关心此教材编写和出版的同行表示衷心的感谢。

限于编者水平，教材中难免有不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 10 月

目 录

前言

第一章 物理实验概论	1
第一节 绪论	1
一、大学物理实验的地位和任务	1
二、大学物理实验课的基本要求	2
三、大学物理实验课的基本程序	2
第二节 物理量的测量	4
一、测量与单位	4
二、有效数字	4
三、测量的分类	6
四、测量仪器	6
第三节 实验误差与不确定度	7
一、实验误差的概念	7
二、实验误差分析	8
三、不确定度与置信概率	9
第四节 不确定度的评定	10
一、直接测量的不确定度估算	10
二、间接测量的不确定度估算	12
三、测量结果不确定度的最终表述	13
第五节 常用的数据处理方法	15
一、实验记录与数据列表	15
二、用作图法处理数据	16
三、用逐差法处理数据	17
四、回归分析法	18
第六节 物理实验方法概述	21
一、零示法	21
二、补偿法	21
三、交换法	22
四、替换法	23
五、测差法	23

六、累积法	24
七、对称法	24
八、放大法	25
习题	25
附 1-1 正态分布与置信概率	26
一、正态分布	26
二、算术平均值的标准差	28
三、置信概率	28
附 1-2 常用仪器的仪器误差	29
第二章 基础实验	31
第一节 预备知识	31
一、长度的测量	31
二、质量和时间的测量	35
三、温度的测量	38
四、电流的测量	40
五、电压和电阻的测量	43
六、常用物理仪器简介	44
七、物理实验操作规程	47
第二节 物性参数的测量	50
一、物体的密度	50
实验 2-1 规则物体密度的测定	50
实验 2-2 流体静力称衡法测密度	52
二、液体的黏度	54
实验 2-3 用落球法测定液体的黏度	54
实验 2-4 用奥氏黏度计测液体的黏度	57
三、液体的表面张力	58
实验 2-5 用毛细管法测定液体的表面张力系数	59
实验 2-6 用拉脱法测定液体的表面张力系数	61
第三节 力学参量的测量	64
一、重力加速度	64
实验 2-7 单摆法测定重力加速度	64
实验 2-8 落球法测定重力加速度	66
二、物体的转动惯量	68
实验 2-9 用转动法测量刚体的转动惯量	68
实验 2-10 用三线摆法测定物体的转动惯量	71
三、杨氏弹性模量	74

实验 2-11 用拉伸法测定金属丝的杨氏模量	74
第四节 电学基本量的测量	78
实验 2-12 万用表的使用	78
实验 2-13 惠斯通电桥的原理与使用	83
实验 2-14 电位差计的原理与使用	87
实验 2-15 用模拟法测绘静电场	92
第五节 示波器及其应用	95
一、示波器的结构和工作原理	96
二、MOS-620B 型示波器简介	98
三、示波器的应用	101
实验 2-16 示波器的使用	103
实验 2-17 用示波器研究 RC 电路的特性	106
实验 2-18 用示波器测绘铁磁材料的磁滞回线	110
第六节 分光计	115
实验 2-19 分光计的调整	116
实验 2-20 测量棱镜的折射率	121
第七节 光的波动性及其应用	123
一、光的干涉	124
实验 2-21 光的等厚干涉现象及其应用	124
二、光的衍射	128
实验 2-22 单缝衍射光强分布的测定	128
实验 2-23 衍射光栅及其应用	131
三、光的偏振	133
实验 2-24 旋光溶液的旋光率和浓度的测定	133
第三章 综合与近代物理实验	138
第一节 热敏电阻的温度特性与应用	138
实验 3-1 热敏电阻的电阻温度关系研究	141
实验 3-2 热敏电阻在温度测量中的应用	143
实验 3-3 热敏电阻在恒温控制中的应用	146
第二节 热电偶的定标和应用	150
实验 3-4 热电偶的定标	151
实验 3-5 热电偶的应用	152
第三节 传感器的特性与应用	154
实验 3-6 温度、压力传感器在测定空气 γ 值中的应用	154
实验 3-7 用集成霍尔传感器测量磁场分布	158
实验 3-8 光纤传感特性的实验研究	162

第四节 迈克尔逊干涉仪	168
实验 3-9 迈克尔逊干涉仪的调整和使用	168
第五节 光电效应及普朗克常数的测定	174
实验 3-10 光电管特性的研究	175
实验 3-11 普朗克常数的测定	178
第四章 应用性实验	182
第一节 实用技术	182
实验 4-1 简易配电板的安装与检测	182
实验 4-2 实用放大器的安装与调试	184
实验 4-3 摄影技术	187
第二节 低温技术	192
实验 4-4 热学制冷循环实验	193
实验 4-5 热电制冷技术实验	197
第三节 真空技术	200
实验 4-6 真空的获得与测量	201
第四节 电镜技术	205
实验 4-7 透射式电子显微镜的原理与使用	207
第五节 光谱分析技术	210
实验 4-8 用光栅光谱仪研究原子的发射光谱	213
实验 4-9 测定叶绿素的吸收光谱特性	215
第五章 设计性实验	218
第一节 实验设计的基本方法	218
一、实验方法的确定	218
二、实验装置与仪器的选择	219
三、实验操作程序(步骤)设计	220
四、设计性实验报告的要求	221
第二节 设计性实验选题	221
一、用焦利氏秤测定不规则物体的密度	221
二、用振动法测弹簧的倔强系数	222
三、测定晶体二极管的伏安特性曲线	222
四、电表改装	224
五、简易万用表的设计	226
六、用电位差计测量铜导线的电阻率	226
七、用十一线直流电位差计测电阻	226
八、简单整流稳压电源的设计与测试	227

目 录

九、用牛顿环测定溶液的折射率	230
十、用折射极限法测液体的折射率	230
十一、三棱镜对汞光谱的色散研究	231
附录 I 国际单位制 (SI)	232
附录 II 常用的物理常数	233
附录 III 科学型计算器统计功能简介	239
主要参考文献	240

第一章 物理实验概论

物理学 (physics) 是一门实验科学。物理规律的发现和物理理论的建立,都必须以严格的物理实验 (physical experiment) 为基础,并受到实验的检验。例如,落体运动是人们司空见惯的物理现象。但在 16 世纪以前,由于缺乏实验手段而被亚里士多德的错误论点(即物体越重下落速度越快)统治了 1800 多年。直到伽利略做了科学史上著名的斜塔实验,才发现了落体运动的规律;又如,电磁感应现象是法拉第在实验中发现的并经过无数次实验才于 1831 年提出了著名的电磁感应定律,为现代大规模的电力工程技术奠定了基础;再如,人们通过杨氏的干涉实验认识到光的波动性,而通过赫兹的电磁波实验,进一步认识到了光是一种电磁波,使麦克斯韦的电磁场理论获得普遍的承认,之后又通过对黑体辐射和光电效应等实验的研究,发现了光具有粒子性,从而得出了光具有波粒二象性的结论;……因此,物理实验在物理学的创立和发展中占有十分重要的地位。

第一节 绪 论

一、大学物理实验的地位和任务

物理实验不仅对于物理学本身的发展和研究极其重要,同时也是其他学科发展和研究的重要基础。在材料科学中,各种材料的物性测试,许多新材料的发现和新材料制备方法的研究。在化学中,从化学成分的分析到物质结构的测量、从放射性测量到激光分离同位素都离不开物理实验的方法。在生物学的发展史中,离不开显微技术(如光学显微镜、电子显微镜、X 光显微镜、原子力显微镜)、真空技术、低温技术的应用,近代生物科学更离不开物理实验中的波谱分析(如光谱、质谱、色谱等)、X 光衍射、中子衍射、电子衍射,磁共振等实验方法,如 DNA 的双螺旋结构就是美国遗传学家和英国物理学家共同建立并为 X 光衍射实验所证实的,而对 DNA 的操纵、切割、重组也都需要实验物理学家的帮助。在医学中,从 X 光透视、B 超诊断、CT 诊断、核磁共振诊断到各种理疗手段,包括放射性治疗、激光治疗、 γ 刀等都是物理实验技术和手段的应用。可见,物理实验应用到科学技术和研究的各个领域,推动了科学技术突飞猛进的发展,使其他学科产生质的飞跃。因此,为造就高素质的有创新精神的一代新人,我们必须重视物理实验,学好物理实验。

大学物理实验就是一门对理工农医类大学生系统地进行物理实验技术基础训练的必修课,在培养大学生科学实验能力的全过程中,起着重要的基础作用。本课程的任务是:

(1) 培养学生的基本科学实验技能,提高学生的科学实验基本素质,使学生初步掌握实验科学的思想和方法。培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方

法,提高学生的分析能力和创新能力。

(2) 提高学生的科学素养,培养学生理论联系实际和实事求是的科学作风,认真严谨的科学态度,积极主动的探索精神,遵守纪律,团结协作,爱护公共财产的优良品德。

二、大学物理实验课的基本要求

通过本课程的学习,应达到以下三个基本要求:

(1) 在物理实验的基本知识、基本方法和基本技能方面得到严格而系统的训练,这是做好物理实验的基础。

基本知识包括实验的原理、常用仪器的结构与工作原理、实验误差的分析与不确定度的评定、实验结果的表述方法以及对实验结果作出正确的分析与判断。

基本方法包括如何根据实验目的和要求确定实验的思路和方案、如何选择和正确使用仪器、如何减小实验的误差、如何采用一些特殊方法(如补偿法、放大法、……)来获得较准确的实验结果等。

基本技能包括仪器的正确使用(如仪器的零位调节、水平/铅直调节、光路的共轴调整、消视差调整、逐次逼近调整、读数、定标、校准等),根据给定的电路图正确接线、简单的电路故障检查与排除,初步设计实验以及查阅文献和自学的能力、总结表达的能力等。

(2) 初步培养学生独立进行科学实验研究的能力。学生在完成实验大纲所安排实验内容的同时,不仅要学习其中的理论知识和掌握实验技能,更重要的是要在实验中提高发现问题、分析问题和解决问题的能力。

在实验中往往会遇到一些意想不到的问题,这些问题虽然可能不是实验研究的主要对象,但也不应轻易放过。这常常是提高分析问题、解决问题能力的好机会。要注意观察、及时记录、认真分析,必要时可以进行深入地研究。

(3) 养成实事求是的科学态度和积极创新的科学精神。在物理实验课中严格规定记录实验数据时不准用铅笔,不能用涂改液,误记或与预想结果不一致的数据更改时一定要写明理由,任何弄虚作假、篡改甚至伪造实验数据的行为都是绝对不允许的,这些都是为了培养学生实事求是的良好习惯。实际上,与预想不一致的实验现象和数据不仅不应随便舍弃,还应特别重视,它可能是某个新发现的开端。历史上许多新的理论都是由于旧理论无法解释某些实验现象而建立起来的。因此,实事求是的严谨态度与积极创新的科学作风是相联系的。在实验中,只要认真完成整个过程中的每一个环节,一定会发现许多问题,而在解决这些问题的过程中,不仅可以学会课堂和书本上学不到的知识,更能培养学生求实的态度和积极创新的精神。

三、大学物理实验课的基本程序

实验教学的过程实际上是在教师指导下由学生通过阅读实验教材及必要的参考书,

独立思考，独立操作而完成的。根据这一特点，实验课的教学程序可分为以下三个阶段：

1. 课前预习

课前预习是做好实验的前提。通过预习，要求搞清本次实验的目的、要求、原理和实验过程的基本思路。如观察什么现象，测量哪些物理量，用什么仪器，怎样测量，可能得到什么样的结果等。在此基础上写出预习报告（可作为实验报告的前半部分，一定要认真撰写）。预习报告的内容包括：实验名称、目的、所用仪器、原理、实验的主要步骤，并设计好测量数据表格。实验原理要用自己的语言扼要说明实验所依据的原理和必要的公式以及电路图、光路图等，切不可简单照抄实验讲义。

2. 实验操作与记录

进入实验室后，要自觉遵守实验室规则，认真听取教师的指导和提出的要求。操作前必须先认识和熟悉仪器，了解仪器的使用方法及注意事项，然后再进行正确的调整和使用。实验时要按步骤进行，能较好地控制实验的物理过程和物理现象，认真观察现象，正确记录数据（实验记录与表格设计详见本章第五节的相关内容）。实验中若有仪器损坏或出现故障，要及时请教教师，不得随意处理。测量完毕，将测量结果请教师审阅认可后才能结束实验。最后将仪器整理复原，养成良好的实验习惯。

3. 写实验报告

写实验报告是学生对实验进行总结、巩固和深化的过程，要独立完成，不得涂改数据。实验报告力求简单明了，用语确切，字迹清楚，图表正确，以逐步培养综合分析和总结的能力。

实验报告包括以下内容：

- (1) 实验名称、日期、实验者姓名。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验器材：仪器的名称、规格和型号，主要材料。
- (4) 实验原理：简明扼要地写明实验的原理和公式（光学实验要画出光路图，电学实验要画出电路图）。
- (5) 实验步骤：根据实验内容和仪器的操作规程，写出实验的简要步骤。
- (6) 实验数据记录：包括与实验有关的环境条件（如大气压力、环境温度、电磁场分布等）和原始数据表格。具体要求见本章第五节“实验记录与数据列表”。
- (7) 实验数据处理：包括对平均值、不确定度的评定（要求写出主要的计算公式和必要的计算步骤）、实验图线及实验结果的正确表达。
- (8) 误差分析：找出影响实验结果的主要因素，从而采取相应的措施以减小误差。对于不同的实验，因所用实验仪器、实验方法或所测量的物理量不同，误差分析的方法也不尽相同。误差过大时，分析原因后，要对误差做出合理的解释。
- (9) 问题讨论：包括回答思考题，实验过程中观察到的异常现象及其可能的解释，对实验装置和实验方法的改进意见及实验的心得体会等。该项内容不要求每个实验都写，有则写，无则不要勉强。

第二节 物理量的测量

一、测量与单位

物理实验是以测量为基础的。研究物理现象、探索物理规律、了解物质特性、验证物理原理都需要进行测量。所谓测量 (measure), 就是将待测的物理量直接或间接地与另一个同类的, 被选为标准的量进行比较, 其倍数即为该物理量的量值, 而被选定的标准量则为该物理量的单位。因此, 对一个物理量测量的结果, 总是由数值和单位组成, 两者缺一不可。

测量的单位采用 1960 年第十一届国际计量大会所制定的国际单位制 (简称 SI 制), 以米 (m)、千克 (kg)、秒 (s)、安培 (A)、开尔文 (K)、摩尔 (mol) 和坎德拉 (cd) 为国际单位制的基本单位 (其定义详见本教材末附录 I), 分别对应的物理量是长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量和发光强度。其他物理量的单位均可由这些基本单位导出, 称为国际单位制的导出单位。

二、有效数字

1. 有效数字的概念

测量所得数值的位数由被测量和量具决定。例如, 米尺的最小分度是毫米, 用它测量某物体 A 的长度, 若发现 A 比 143 mm 长约半个刻度, 则测量结果可以记为 143.5 mm。在这四位数字中, 143 三位数字是准确读得的, 因此是可靠的, 称之为可靠数字。而 5 这一位是估计出来的, 若换一人来读数, 也可能估计成 4 或 6, 称这样的数字为可疑数字 (或估计数字)。可见, 测量得到的数值总是由数位可靠数字和最后一位可疑数字组成, 我们把这样的数字称为有效数字 (effective figure), 其位数称为有效位数。如上例中的有效位数为 4 位。如果采用最小分度为 1 cm 的米尺测量上述物体的长度, 则结果就可能是 14.3 cm, 其中最后一位 3 是估读的, 结果的有效位数为 3。

显然, 有效数字的位数可反映测量的精确程度, 有效数字的位数愈多, 测量的精确度愈高。所以, 在测量读数及数据记录时必须注意下面一些问题。

(1) 估读问题。对于一般分度式仪表, 必须估读到最小刻度的下一位, 即使该位的估读值为“0”, 也必须读出。如用最小分度值为 1 mm 的钢制米尺测某物体的长度, 若它的末端正好与 124 mm 刻线相重合, 这时, 必须把测量结果记为 124.0 mm, 而不是 124 mm。估读时, 一般估读最小刻度的十分之一, 如上例。但有些仪器的分度较窄, 而指针较宽, 有些仪器的最小分度为 0.5、0.2, 此时根据实际情况, 估读最小刻度的五分之一, 甚至二分之一即可。

对于游标分度的仪表, 读数时判断主副尺的刻线对齐就相当于估读, 即估读位就是游标的最小分度值所在的那一位。

(2) 单位换算问题。有效位数不能因单位换算而改变。例如, 10.50 mm 是 4 位有效

数字,若改用 m 作单位,则应记为 0.010 50 m,这时有有效数字的位数仍为 4 位。由此可见,第一个非零数字之前的“0”(用以表示小数点的位置)不是有效数字,而在非零数字之间或之后(包括小数点后数字末尾)的“0”都是有效数字。

要避免把上例中的长度写成 $10\,500\,\mu\text{m}$,因为这样无故增加了有效数字的位数。而应用科学记数法表示为 $1.050\times 10^4\,\mu\text{m}$ 。

(3) 舍入问题。有效数字运算时,经常涉及数据尾数的舍入问题。由于“四舍五入”的规则是“见五就入”,这会使 1 到 9 的九个数字中,入的机会大于舍的机会,因而不合理的。现在通用的规则是:对末尾多余的数字,小于 5 则舍,大于 5 则入,等于 5 则把所保留的末位凑成偶数,即“4 舍 6 入 5 凑偶”。如 12.425 取四位有效数字为 12.42, 1.535 取三位有效数字为 1.54。

2. 有效数字的运算

在进行实验数据的处理时,有效数字运算的结果仍为有效数字,其有效位数由结果的不确定度确定(后面介绍),在不要求计算不确定度时,可按可靠数字与可疑数字,或可疑数字与可疑数字运算,其结果为可疑数字的原则,粗略确定结果的有效位数。下面具体分析各基本运算的运算规律。

(1) 加、减运算。例如:

$$97.4 + 6.238 = 103.638 \quad 26.2 - 3.926 = 22.274$$

运算结果分别为 103.6 和 22.3。可见,两个或两个以上的有效数字相加、减时,所得结果的可疑数字位置,与所有参与运算的各量中可疑数字位置最高的一个相同。

(2) 乘、除运算。例如:

$$13.6 \times 1.6 = 21.76 \quad 376.1 \div 13.6 = 27.654\cdots$$

运算结果应分别为 22 和 27.6。由此可见,有效数字相乘、除时,其结果的有效位数与参与运算的各数字中有效位数最少者相同。

(3) 函数运算。诸如乘方、开方、三角函数和自然对数等函数运算结果的有效位数,一般可取与自变量的有效位数相同。如 $\ln 13.24 = 2.583$, $\sin 20^\circ 6' = 0.343\,6$ ($20^\circ 6'$ 可看作 $20^\circ 06'$, 4 位有效数字)。

(4) 混合运算。在进行混合运算时,必须注意以下两点:

① 在运算关系中的常系数,如 π , $\sqrt{2}$, 2, $1/2$ 等都是准确数,不影响结果的有效位数。但对于其中的无理数,如 π , $\sqrt{2}$ 等,在具体运算时,所取位数应足够多(至少应比结果的位数多取一位),以免引入舍入误差。

② 在混合运算中,如果是单纯的乘除运算,结果有效位数一般取参加运算的诸数中位数最少者的位数。如果同时含有加减运算时,则应特别注意加减运算对结果有效位数的影响。例如算式

$$(11.27 - 10.89) \times 2\,750 \div 113.7 = 0.38 \times 2\,750 \div 113.7 = 9.2$$

从参加运算的四个数据看,似乎应保留四位有效数字,实际上只能保留两位。如果在上面的式子中以 $(11.27 - 0.89)$ 代替因子 $(11.27 - 10.89)$,虽然 0.89 只有两位有效数字,但差值为四位,所以结果应为四位有效数字。