

新世纪 全国高等中医药院校规划教材



# 医用物理学实验

供中医及针灸类专业用

主编 顾柏平 章新友

中国中医药出版社

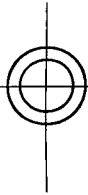


# 應用物理學實驗

中國科學院物理研究所

第一冊

中國科學院物理研究所



新世纪全国高等中医药院校规划教材

# 医用物理学实验

(供中医及针灸类专业用)

主 编 顾柏平 (南京中医药大学)  
章新友 (江西中医学院)  
副主编 侯俊玲 (北京中医药大学)  
邵建华 (上海中医药大学)  
柴 英 (大连医科大学)  
何 跃 (湖南中医药大学)  
黄 浩 (福建中医学院)

中国中医药出版社

北京

**图书在版编目 (CIP) 数据**

医用物理学实验/顾柏平, 章新友主编. —北京: 中国  
中医药出版社, 2007. 6  
新世纪全国高等中医药院校规划教材  
ISBN 978-7-80231-203-6

I. 医… II. ①顾…②章… III. 医用物理学—实验—中  
医学院—教材 IV. R312-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 065994 号

中国中医药出版社出版

北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层

邮政编码: 100013

传真: 64405750

北京时代华都印刷有限公司印刷

各地新华书店经销

\*

开本 850×1168 1/16 印张 7.25 字数 163 千字

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-80231-203-6 册数 5000

\*

定价: 9.00 元

网址 [www.cptcm.com](http://www.cptcm.com)

如有质量问题请与本社出版部调换

版权专有 侵权必究

社长热线 010 64405720

读者服务部电话 010 64065415 010 84042153

书店网址 [csln.net/qksd/](http://csln.net/qksd/)

# 全国高等中医药教材建设

## 专家指导委员会

- 名誉主任委员 李振吉 (世界中医药学会联合会副主席兼秘书长)  
邓铁涛 (广州中医药大学 教授)
- 主任委员 于文明 (国家中医药管理局副局长)
- 副主任委员 王永炎 (中国中医科学院名誉院长 教授 中国工程院院士)  
高思华 (国家中医药管理局科技教育司司长)
- 委 员 (按姓氏笔画排列)
- 马 骥 (辽宁中医药大学校长 教授)  
王绵之 (北京中医药大学 教授)  
王 键 (安徽中医学院院长 教授)  
王 华 (湖北中医学院院长 教授)  
王之虹 (长春中医药大学校长 教授)  
王乃平 (广西中医学院院长 教授)  
王北婴 (国家中医药管理局中医师资格认证中心主任)  
王新陆 (山东中医药大学校长 教授)  
尤昭玲 (湖南中医药大学校长 教授)  
石学敏 (天津中医药大学教授 中国工程院院士)  
尼玛次仁 (西藏藏医学院院长 教授)  
龙致贤 (北京中医药大学 教授)  
匡海学 (黑龙江中医药大学校长 教授)  
任继学 (长春中医药大学 教授)  
刘红宁 (江西中医学院院长 教授)  
刘振氏 (北京中医药大学 教授)  
刘延祯 (甘肃中医学院院长 教授)  
齐 昉 (首都医科大学中医药学院院长 教授)  
严世芸 (上海中医药大学 教授)  
杜 健 (福建中医学院院长 教授)  
李庆生 (云南中医学院院长 教授)  
李连达 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)

李佃贵 (河北医科大学副校长 教授)  
吴咸中 (天津中西医结合医院主任医师 中国工程院院士)  
吴勉华 (南京中医药大学校长 教授)  
张伯礼 (天津中医药大学校长 教授 中国工程院院士)  
肖培根 (中国医学科学院研究员 中国工程院院士)  
肖鲁伟 (浙江中医药大学校长 教授)  
陈可冀 (中国中医科学院研究员 中国科学院院士)  
周仲瑛 (南京中医药大学 教授)  
周 然 (山西中医学院院长 教授)  
周铭心 (新疆医科大学副校长 教授)  
洪 净 (国家中医药管理局科技教育司副司长)  
郑守曾 (北京中医药大学校长 教授)  
范昕建 (成都中医药大学校长 教授)  
胡之璧 (上海中医药大学教授 中国工程院院士)  
贺兴东 (世界中医药学会联合会 副秘书长)  
徐志伟 (广州中医药大学校长 教授)  
唐俊琦 (陕西中医学院院长 教授)  
曹洪欣 (中国中医科学院院长 教授)  
梁光义 (贵阳中医学院院长 教授)  
焦树德 (中日友好医院 主任医师)  
彭 勃 (河南中医学院院长 教授)  
程莘农 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)  
谢建群 (上海中医药大学常务副校长 教授)  
路志正 (中国中医科学院 研究员)  
颜德馨 (上海铁路医院 主任医师)

秘 书 长 王 键 (安徽中医学院院长 教授)  
洪 净 (国家中医药管理局科教司副司长)

办公室主任 王国辰 (中国中医药出版社社长)  
办公室副主任 范吉平 (中国中医药出版社副社长)

## 前 言

“新世纪全国高等中医药院校规划教材”是依据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，在教育部、国家中医药管理局规划指导下，由全国中医药高等教育学会组织、全国高等中医药院校联合编写、中国中医药出版社出版的高等中医药院校本科系列教材。

本系列教材采用了“政府指导、学会主办、院校联办、出版社协办”的运作机制。为确保教材的质量，在教育部和国家中医药管理局指导下，建立了系统完善的教材管理体制，成立了全国高等中医药专业教材建设专家指导委员会、全国高等中医药教材建设研究会，对本系列教材进行了整体规划，在主编遴选、教学大纲和教材编写大纲、教材质量等方面进行了严格的审查、审定。

本系列教材立足改革，更新观念，以新的专业目录为依据，以国家规划教材为重点，按主干教材、配套教材、改革创新教材分类，以宽基础、重实践为原则，是一套以国家规划教材为重点，门类齐全，适应培养新世纪中医药高素质、创造性人才需要的系列教材。在教材组织编写的过程中引入了竞争机制，教材主编和参编人员全国招标，按照条件严格遴选，专家指导委员会审议，择优确定，形成了一支以一线专家为主体，以老带新的高水平的教材编写队伍，并实行主编负责制，以确保教材质量。

本系列教材编写实施“精品战略”，从教材规划到教材编写、专家审稿、编辑加工、出版，都有计划、有步骤实施，层层把关，步步强化，使“精品意识”、“质量意识”贯彻全过程。每种教材的教学大纲、编写大纲、样稿、全稿，都经过专家指导委员会审定，都经历了编写会、审稿会、定稿会的反复论证，不断完善，重点提高内在质量。尤其是根据中医药教材的特点，在继承与发扬、传统与现代、理论与实践、中医与西医等方面进行了重点论证，并在继承传统精髓的基础上择优吸收现代研究成果；在写作方法上，大胆创新，使教材内容更为系统化、科学化、合理化，更便于教学，更利于学生系统掌握基本理论、基本知识和基本技能；注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

在出版方面，出版社全面提高“精品意识”、“质量意识”，从编辑、设计、印刷、装帧质量，在各个环节都精心组织、精心施工，力争出版高水平的精品教材，使中医药教材的出版质量上一个新台阶。

本系列教材按照中医药专业培养目标和国家中医药执业医师资格考试要求，以国家规划教材为重点，门类齐全，适合全国各高等中医药院校中医学专业、针灸推拿学专业、中药学专业本科教学使用。是国家中医执业医师资格考试、国家中医药专业技术人员职称资格考试的参考书。

值得提出的是，本系列教材在审定时，专家指导委员会王永炎院士、邓铁涛教授、任继学教授、肖培根院士、胡之璧院士等专家对教材书稿进行了严格把关，提出精辟的意见；对保证教材质量起了重要作用；本套教材的编写出版，得到中国中医药出版社和全国高等中医药院校在人力、物力上的大力支持，为教材的编写出版创造了有利条件。各高等中医药院校，既是教材的使用单位，又是教材编写任务的承担单位，在本套教材建设中起到了主体作用。在此一并致谢！

本系列教材在继承的基础上进行了一定力度的改革与创新，在探索的过程中难免有不足之处，甚或错漏之处，敬请各教学单位、各位教学人员在使用中发现问题，及时提出批评指正，以便我们重印或再版时予以修改，使教材质量不断提高，更好地适应新世纪中医药人才培养需要。

全国中医药高等教育学会  
全国高等中医药教材建设研究会



# 新世纪全国高等中医药院校规划教材

## 《医用物理学实验》编委会

- 主 编 顾柏平 (南京中医药大学)  
章新友 (江西中医学院)
- 副主编 侯俊玲 (北京中医药大学)  
邵建华 (上海中医药大学)  
柴 英 (大连医科大学)  
何 跃 (湖南中医药大学)  
黄 浩 (福建中医学院)
- 编 委 (以姓氏笔画为序)
- 王 贺 (黑龙江中医药大学)  
韦相忠 (广西中医学院)  
叶 红 (上海中医药大学)  
朱 亮 (南京中医药大学)  
孙 铭 (首都医科大学中医药学院)  
杜 琰 (江西中医学院)  
李 光 (长春中医药大学)  
吴小丹 (辽宁中医药大学)  
张 莉 (北京中医药大学)  
周恭勤 (山东中医药大学)  
高建平 (甘肃中医学院)  
郭晓玉 (河南中医学院)

# 编写说明

本书是供全国高等中医药院校中医、针灸、中西医结合及相关专业使用的物理学实验教材。该书主要依据新世纪全国高等中医药院校中医类专业医用物理学的教学大纲，结合当今科技发展趋势和对学生加强素质教育的要求，兼顾各院校现有专业设置的实际情况，由全国高等中医药教材建设研究会组织全国各中医药院校富有经验的物理及相关学科教师共同编写的一部医用物理学实验教材。

根据全国高等中医药院校新世纪规划教材《医用物理学》的内容，本书精选了14个实验，每个实验相当于一个专题，具有相对的独立性，涵盖了《医用物理学》主要的教学内容。考虑到各院校的实验设备和实验条件存在一定的差异，我们在部分实验中编入两套实验方案，或者在同一个专题下编入几个相关内容的实验供选择。本书既注重实验内容的基础性，又强调实验方法和手段的先进性和创造性。通过这些实验，学生在对物理学理论有更深刻理解的同时，又能学到一定的实验技能、实用技术和科研方法，为将来的工作、学习和科研打下坚实的基础。

在本书编写过程中，得到了各中医药院校各级领导的大力支持，得到了湖南中医药大学余国建老师的指导和帮助，在此一并表示感谢。

由于作者的水平有限，加之时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大师生和读者提出宝贵意见，以便再版时修订。

编者

2007年5月

# 目 录

绪论	1
实验一 基本测量	8
1-1 游标卡尺和螺旋测微器的作用	8
1-2 读数显微镜和物理天平的使用	14
实验二 液体黏度的测定	19
2-1 沉降法	19
2-2 毛细管法	22
实验三 液体表面张力系数的测定	28
实验四 B型超声诊断仪的原理与使用	34
实验五 用旋光计测定液体的浓度	40
实验六 用阿贝折射仪测定物质的折射率	44
实验七 用光电比色计测定液体的浓度	49
实验八 万用电表的使用	54
实验九 用电位差计测量微小电压和电动势	62
9-1 测量微小电压	62
9-2 测量电动势	67
实验十 用稳恒电流场模拟静电场	70
10-1 静电场的描绘(描迹法)	70
10-2 导电微晶静电场描绘仪(双层式)	73
实验十一 示波器的原理与使用	77
实验十二 晶体三极管特性曲线的描绘	86
实验十三 晶体管单管放大器放大特性的研究	90
实验十四 简单的恒温控制电路	97
附录	100
附表1 基本物理常数	100
附表2 不同温度下水的密度	100
附表3 在20℃时常用的固体和液体的密度	101
附表4 水的黏度 $\eta$	101
附表5 液体的黏度 $\eta$	101
附表6 水的表面张力系数 $\alpha$ (与空气接触)	101
附表7 液体的表面张力系数 $\alpha$ (20℃与空气接触)	102

2	• 医用物理学实验 •	.....
附表 8	常用光源的谱线波长 $\lambda$	..... 102
附表 9	互补色表	..... 102
附表 10	某些物质相对于空气的折射率 $n$	..... 103
附表 11	一些药物的旋光率	..... 103
附表 12	不同金属（或合金）与铂（化学纯）构成热电偶的温差电动势	..... 103
参考文献	.....	104

# 绪 论

## 一、物理实验课的地位和教学任务

物理学从根本上说是一门实验科学。任何物理规律的发现和物理理论的建立都必须以实验为基础，并经受实验的严格检验。物理学就是在理论与实验相互推动下不断向前发展的。因此，物理教学也必须遵循物理学的规律，强调理论与实验相结合，把实验课和理论课放在同等重要的地位。

物理学是现代医学的基础学科之一，其理论和实验方法被广泛地应用于现代医学的理论研究和临床实践中，并且正在也必将积极地推动着现代医学的发展。现代医学的发展已经离不开物理学。通过物理实验，学生不但可以学习到物理知识、实验方法和实验技能，而且可以培养他们的科学精神，提高他们的科学素养；同时，为今后医学专业课的学习和工作奠定良好的基础。

物理实验的教学任务是：

1. 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量，使学生学到物理实验知识，加深对物理学原理的理解。

2. 培养与提高学生的科学实验能力，其中包括：

- (1) 能够自行阅读实验教材或资料，自觉做好实验前的准备。
- (2) 能够借助教材和仪器说明书，正确使用常用仪器。
- (3) 能够运用学习过的理论知识，解释或判断某些实验现象。
- (4) 能够通过实验现象，总结、归纳出规律。
- (5) 能够正确记录和处理实验数据，绘制曲线，阐述实验结果。
- (6) 能够完成简单的实验设计，撰写合格的实验报告。

3. 培养与提高学生的科学素养，要求学生具有理论联系实际和实事求是的科学作风，严肃认真的科学态度，主动研究的探索精神和遵守纪律、爱护公物的优良品德。

## 二、测量与误差

### 1. 直接测量与间接测量

测量是指待测量与已知同类单位量的比较。

物理实验过程往往是测量一些物理量，从而探求这些量之间或这些量与其他物理量之间的关系。测量可分为直接测量和间接测量。有些物理量可以通过相应的测量仪器进行直接测量而得到，这个过程称为直接测量，所得到的量称为直接测量量。比如，用米尺测量长方体的长 ( $L$ )、宽 ( $W$ )、高 ( $H$ )，即为直接测量。而另外有一些物理量是由一些直接测量量通

过一定的关系式计算出来的, 把对这些物理量的测量称为间接测量, 该物理量称为间接测量量。比如, 长方体的体积=长×宽×高。先直接测出长、宽、高, 再代入上式求出体积, 其中长、宽、高是直接测量量, 体积属于间接测量量。

## 2. 误差及其分类

物理量在客观上存在着绝对准确的数值, 称为真值。实验测量的结果称为测量值。误差是指测量值与真值的差值。设某一待测量的真值为  $X_0$ , 测量值为  $X$ , 那么误差  $\Delta X = X - X_0$ 。任何测量都存在一定程度的误差。根据误差产生的原因, 通常把它分成系统误差和偶然误差两类。

(1) 系统误差: 它主要来源于仪器本身的缺陷 (仪器老化、精度不够或调整不准确等)、实验方法不完善、环境条件对仪器的影响、实验者不良的固有习惯等因素。系统误差的特点是测量值总是有规律地朝一个方向偏离。消除它的方法主要是通过改进测量仪器、校正仪器、对实验方法进行完善、纠正实验者不良习惯等。

(2) 偶然误差 (又称随机误差): 它主要来源于一些偶然的因素对实验的干扰, 使测量结果产生偏差。其特点是无方向性或离散性, 大量的实验测量结果一般符合正态分布规律, 因此常用“精密度”来表示偶然误差的大小。消除它的方法主要是对同一测量量进行多次测量。

## 3. 误差的表示方法

(1) 平均绝对误差: 设在同一条件下, 对同一测量量测量  $n$  次, 其算术平均值

$$\bar{X} = \frac{1}{n}(X_1 + X_2 + \cdots + X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (0-1)$$

接近真值, 称为直接测量量的最佳值。各次测量值误差的绝对值为

$$\Delta X_i = |X_i - \bar{X}| \quad (0-2)$$

称为各次测量的绝对误差。平均绝对误差为

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n}(\Delta X_1 + \Delta X_2 + \cdots + \Delta X_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (0-3)$$

它是有量纲的量, 反映了测量结果的准确程度。测量结果  $X$  可以表示为

$$X = \bar{X} + \overline{\Delta X} \quad (0-4)$$

它也是有量纲的量。

(2) 平均相对误差: 它是平均绝对误差与真值的比值。

$$E = \frac{\overline{\Delta X}}{\bar{X}} \quad (0-5)$$

平均相对误差一般用百分比表示, 所以又称百分误差, 是一种没有量纲的量。有了相对误差以后, 测量结果也可表示为

$$X = \bar{X}(1 \pm E) \quad (0-6)$$

例如:  $L = (10.0 \pm 0.5) \text{ mm}$

平均绝对误差为

$$\overline{\Delta L} = 0.5 \text{ mm}$$

平均相对误差为

$$E = \frac{\overline{\Delta L}}{L} = \frac{0.5}{10.0} \times 100\% = 5\%$$

测量结果也可表示为  $L=10.0 (1\pm 5\%) \text{ mm}$ 。

(3) 标准误差 ( $\sigma'$ ): 它又称为方均根误差, 它能较为精确地估算出偶然误差和测量值之间的离散程度, 定义为

$$\sigma' = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (0-7)$$

$\sigma'$  是一个有量纲的量。

(4) 平均标准差 ( $\sigma$ ): 它是指测量列的平均值  $\bar{X}$  的标准偏差。

$$\sigma = \frac{\sigma'}{n^{1/2}} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)} \right]^{1/2} \quad (0-8)$$

测量结果可以表示成:  $\bar{X} \pm \sigma$

$\sigma$  是一个有量纲的量。

#### 4. 间接测量量的误差计算

由于绝大部分测量属于间接测量, 因而其误差的计算尤其重要, 对初学者而言, 最重要的是知道如何计算误差。在此略去具体推导过程, 直接给出几种常见的间接测量量的误差计算公式。计算公式列于表 0-1 中。

表 0-1 常用运算公式的误差计算公式

函数关系 $N=f(A, B, C, \dots)$	绝对误差 $\Delta N$	相对误差 $E\left(\frac{\Delta N}{N}\right)$
$N=A+B+C$	$\Delta A + \Delta B + \Delta C$	$\frac{\Delta A + \Delta B + \Delta C}{A+B+C}$
$N=A-B$	$\Delta A + \Delta B$	$\frac{\Delta A + \Delta B}{A-B}$
$N=A \cdot B$	$B \cdot \Delta A + A \cdot \Delta B$	$\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$
$N = \frac{A}{B}$	$\frac{B \cdot \Delta A + A \cdot \Delta B}{B^2}$	$\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$
$N=A^n$	$nA^{n-1} \cdot \Delta A$	$n \frac{\Delta A}{A}$
$N=A^{\frac{1}{n}}$	$\frac{1}{n} A^{\frac{1}{n}-1} \cdot \Delta A$	$\frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta A}{A}$
$N = \frac{A^m B^n}{C^p D^q}$	$EN$	$m \frac{\Delta A}{A} + n \frac{\Delta B}{B} + p \frac{\Delta C}{C} + q \frac{\Delta D}{D}$
$N=KA$	$K\Delta A$	$\frac{\Delta A}{A}$
$N=\ln A$	$\frac{\Delta A}{A}$	$\frac{\Delta A}{A \ln A}$

续表

函数关系 $N=f(A, B, C, \dots)$	绝对误差 $\Delta N$	相对误差 $E\left(\frac{\Delta N}{N}\right)$
$N=\sin A$	$ \cos A  \Delta A$	$ \operatorname{ctg} A  \Delta A$
$N=\operatorname{tg} A$	$\frac{\Delta A}{\cos^2 A}$	$\frac{2\Delta A}{ \sin 2A }$
$N=K^A$	$\ln K \cdot K^A \Delta A$	$\Delta A \ln K$

### 三、有效数字的运算

#### 1. 有效数字的概念

在测量和数值计算中，确定用几位数字来表示测量量和计算结果是一项很重要的工作。实际测量的准确度取决于测量使用的仪器。例如，用以毫米标度的米尺测量棒的长度，棒的一端与 0 标度对齐，另一端在 12.3cm 到 12.4cm 之间（如图 0-1 所示），可凭经验估计为 11.34cm 或 12.36cm。显然前三位数字 11.3 是准确的，称为准确数字，而最后一位 4 或 6 是估读的，称为可疑数字或是欠准数字。欠准数字虽有误差，但保留下来还是有意义的，比略去它要准确些。我们把测量数据中有意义的数字，包括准确数字和一位欠准确数字的数称为有效数字。不同位数的有效数字反映不同的准确度。同一个测量量用不同精度的仪器测量，所得有效数字位数也就不同，准确度也就不一样。比如，用游标卡尺测量上述长度可能得到 11.346cm，其中 11.34 是准确的，6 是欠准确的，它由 5 位有效数字组成。有效数字越多，说明测量越准确。

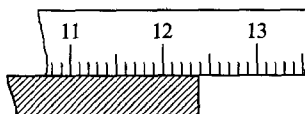


图 0-1 用米尺测量一杆的长度

有效数字的最后一位（即欠准确数字）应该与绝对误差的数字同数量级。例如，用米尺测长度刚好为 12cm 时，则有效数字应写成 12.00cm，这表明测量的欠准确数字是在 0.01cm 这一级，测量结果应写为  $(12.00 \pm 0.01)$  cm。此外，有效数字的位数不因单位改变而不同。例如 12.00cm 是 4 位有效数字，若以 km、m 或 mm 为单位来表示同一长度量，它应表示为  $1.200 \times 10^{-4}$  km、0.1200m、120.0mm。它们的有效位数仍为 4 位，第一种表示方法，即  $1.200 \times 10^{-4}$  km，称之为科学计数法。

可见，“0”可能是也可能不是有效数字，这取决于“0”的位置。一般规定，在左边第一个非零数字前的“0”不是有效数字，而在左边第一个非零数字后的零才是有效数字。比如，0.0010200 米中前三个零即“0.00”不是有效数字，而“10200”中的三个零均为有效数字。



## 2. 有效数字运算法则

有效数字运算法则是一种近似计算法则，用以确定测量结果有效数字大致的位数。其总的要求是计算结果的位数应与测量误差完全一致。若位数不恰当，则最后结果由相应误差来确定。总的运算规则如下：

- ① 凡准确数字与准确数字运算，结果为准确数字。
- ② 凡欠准确数字与任何数字运算，结果为欠准确数字，但进位为准确数字。
- ③ 小于五舍，大于五进，等于五时使前面的数字凑成双。

通常在运算过程中可保留二位欠准确数字，但最后运算结果中只保留一位欠准确数字。

### (1) 加减法

例 1. 设  $X=71.3$ ,  $Y=0.753$  求  $N=X+Y$ ,  $M=X-Y$

$$\text{解 } N=X+Y=71.3+0.753=72.053 \approx 72.0$$

$$M=X-Y=71.3-0.753=70.547 \approx 70.5$$

结论：诸量相加（或相减）时，其和（或差）数在小数点后所应保留的位数与诸数中小数后位数最少的一个相同。

### (2) 乘除法

例 2. 设  $X=39.3$ ,  $Y=4.084$ , 求  $P=X \cdot Y$ ,  $Q=X/Y$

$$\text{解 } P=X \cdot Y=39.3 \times 4.084=160.5012 \approx 160.5$$

$$Q=X/Y=39.3 \div 4.084=9.622 \approx 9.62$$

结论：两个量相乘（或相除），其积（或商）的有效数字位数一般和诸量中有效数字位数最少的一个相同。

### (3) 乘方、开方

例 3. 设  $X=765$  求  $N=X^2$ ,  $M=X^{1/2}$

$$\text{解 } N=X^2=765^2=5.85 \times 10^5$$

$$M=X^{1/2}=765^{1/2}=27.65=27.6$$

结论：乘方、开方的有效数字位数与底数的位数相同。

### (4) 函数运算

一般来说，函数运算应从误差分析来决定。在物理实验中，为了简便和统一起见，对常用的对数函数、指数函数的有效数字作如下规定：

a. 对数函数运算后的尾数和真数的位数相同。

例 4.  $\lg 1.983=0.2973$

b. 指数函数运算后的有效数字位数和指数的小数点后位数相同。

例 5.  $10^{6.25}=1.8 \times 10^6$

三角函数在  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  时， $\sin \theta$  和  $\cos \theta$  都在 0 和 1 之间，其结果的有效数字的位数随角度的有效数字位数而定。

例 6. 在对分光计读数时，应读到 1 分，此时应取 4 位有效数字。

$$\sin 30^\circ 00' = 0.5000 \quad \cos 20^\circ 16' = 0.9387$$