

西北民族大学“十一五”规划教材

王春英 王新有 编著

医学物理学实验



西北民族大学“十一五”规划教材

参考文献

编著(PII)目録附录并图

学大民兰:民兰一,著编育编王,英春王\编著学医博学医

参考文献 7. 2007. 7. 1005. 1. 1005. 1.

ISBN 978-7-311-02928-2

医学物理学实验

王春英 王新有 编著

4. 赵凯华 编著 北京: 高等教育出版社, 2000.5

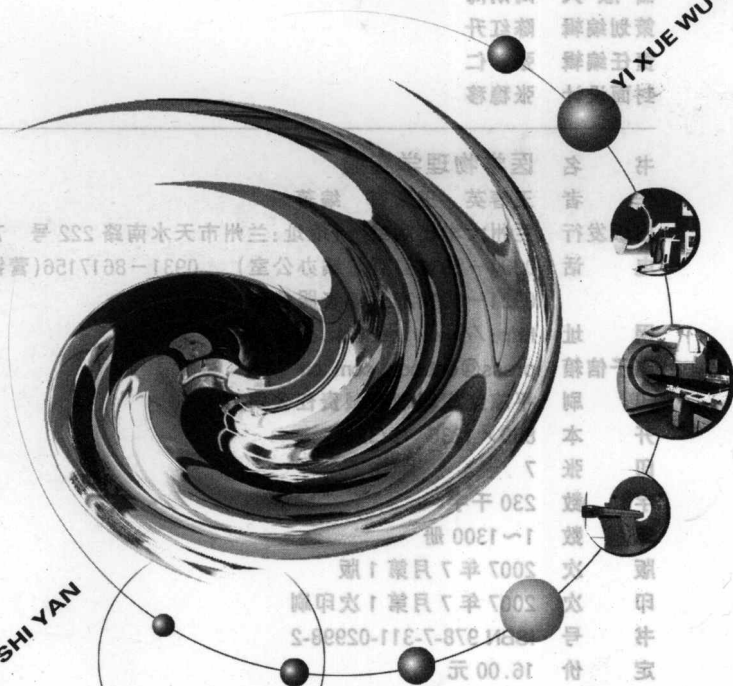
5. 黄玉麟 编著 上海: 上海科技出版社, 1996.1

6. 中国医药公司. 医疗器械商品手册. 中国财政经济出版社.

附录 人 出
附录 附录
附录 附录
附录 附录

YI XUE WU LI XUE SHI YAN

(000007 号 555 察南水天市州兰: 址
0031-8617156) (室公心)
心中静营) 551-8617156



YI XUE WU LI XUE SHI YAN

(系部主本中附编页页, 页封, 附编育并图)

兰州大学出版社

中国版本图书馆CIP数据

图书在版编目(CIP)数据

医学物理学实验/王春英,王新有编著. —兰州:兰州大学出版社,2007.7

ISBN 978-7-311-02998-2

Ⅰ. 医… Ⅱ. ①王… ②王… Ⅲ. 医用物理学—实验—高等学校—教材 Ⅳ. R312-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 111111 号

出版人 陶炳海
策划编辑 陈红升
责任编辑 张仁
封面设计 张稳移

书 名 医学物理学实验
作 者 王春英 王新有 编著
出版发行 兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路 222 号 730000)
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)
0931-8914298(读者服务部)
网 址 <http://www.onbook.com.cn>
电子信箱 press@onbook.com.cn
印 刷 平凉红旗印刷有限责任公司
开 本 880×1230 1/32
印 张 7
字 数 230 千字
印 数 1~1300 册
版 次 2007 年 7 月第 1 版
印 次 2007 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-311-02998-2
定 价 16.00 元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

兰州大学出版社

内容简介

本书既参照卫生部 1982 年“高等医学院校《医用物理学》教学大纲(试用本)”和 1985 年草拟的“学生基本技能训练项目的基本要求”,也结合当前教育改革倡导素质教育,针对我校高等医学院实验教学的特点编写。内容包括误差理论基础知识、有效数字、数据处理、常用仪器介绍以及一些经典的、近代的和医学相关的物理学实验。多数实验既有体现基本训练的内容,又有测量误差及数据处理的内容,便于师生理解掌握。

前 言

医学物理实验教学是医学各专业必修的基础课。是为培养学生的创新能力和实践能力,提高学生的科学素质打下坚实基础的重要环节。掌握物理学中的常用实验方法和技术,不仅是这门课程的要求,也是学好医学专业知识进行医学研究的需要。随着科学技术的发展,特别是物理学在医学领域中的应用,为医学物理学实验的教学提出了更高的要求,为了提高教学质量,就应该不断的改进实验教学,本医学物理实验书就是在以往的实验教学经验基础上,并吸收其他院校的宝贵经验,根据本校的实际情况编写而成。

全书不仅有测量误差、不确定度及数据处理的内容,还有实验中常用的基本仪器介绍。书中共编写了三十二个实验,有基础性实验、综合性实验、还有和医学相关的实验。

医学物理学实验是向医学专业低年级开设的基础课,为了培养学生自主地进行科学实验的初步能力,我们在编写的过程中,遵照循序渐进的教学原则力求将实验原理叙述清楚,计算公式推导完整,实验步骤简洁明了。为了提高学生的主观能动性,强化实验能力,有些实验的部分内容和一些实验项目由学生自己设计完成。

本书物理学部分由王春英负责编写,医学部分由王新有负责编写。

本书在编写过程中,得到了电气工程学院领导、医学院领导的支持,得到了部分老师的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,书中难免会出现错误和不足之处,真诚希望使用本书的教师和学生批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

绪 论 / 1

第一章 实验误差及数据处理 / 5

第一节 测量与误差 / 5

第二节 不确定度的基本概念 / 8

第三节 误差的处理方法与估算 / 9

第四节 有效数字及其运算 / 17

第五节 常用数据的处理方法 / 21

第二章 一些常用的基本仪器 / 28

第一节 测长仪器 / 28

第二节 读数显微镜 / 31

第三节 物理天平 / 33

第四节 计时仪器 / 34

第五节 温度计和气压计 / 36

第六节 电磁学基本仪器 / 37

第七节 光学仪器和常用电源 / 45

第三章 医学物理实验 / 48

实验一 长度的测量 / 48

实验二 牛顿第二定律的实验研究 / 51

实验三 弯曲法测金属杨氏模量 / 56

实验四 刚体转动实验 / 62

实验五 弦振动 / 67

实验六 测定液体粘滞系数 / 71

实验七 医用超声诊断仪 / 76

实验八 表面张力系数的测定 / 82

实验九 学习使用电学基本器具 / 87

实验十 二极管伏安特性的测量 / 91

- 实验十一 测定人耳听阈曲线 / 93
- 实验十二 模拟法测绘静电场 / 97
- 实验十三 电位差计的原理及应用 / 102
- 实验十四 惠斯通电桥 / 108
- 实验十五 示波器的使用 / 113
- 实验十六 心电图机的使用 / 121
- 实验十七 心电图机技术指标的测量 / 127
- 实验十八 电表的改装与校准 / 131
- 实验十九 霍尔效应 / 137
- 实验二十 RC 电路的暂态特性 / 142
- 实验二十一 薄透镜焦距的测定 / 145
- 实验二十二 观察光学元件和人眼的成像及屈光不正的矫正过程 / 151
- 实验二十三 交流电桥 / 156
- 实验二十四 显微摄影 / 163
- 实验二十五 分光计的调节 / 168
- 实验二十六 等厚干涉及其应用 / 172
- 实验二十七 迈克耳孙干涉仪 / 176
- 实验二十八 光偏振现象的研究 / 183
- 实验二十九 密立根油滴实验 / 189
- 实验三十 夫兰克—赫兹实验 / 196
- 实验三十一 傅里叶分解及合成的实验研究 / 203
- 实验三十二 光通讯 / 211
- 参考文献 / 215

绪 论

一、了解物理学和医学的关系，重视医学物理实验

物理学是研究自然界物质运动的普遍性质和基本规律的科学，它的研究对象包括力、热、光、电、磁、原子等运动形式，而这些运动存在于整个自然界中。医学是一门以人为对象的生命科学，生命现象属于物质的高级、复杂的运动形式，然而这些高级复杂的运动形式又是以物理学和化学为基础的。正是由于物理学具有最基本和最普遍的性质，使得物理学的基本知识、基本实验以及研究问题的方法成为医学学科必不可少的一部分。因此，医学物理学和医学物理实验是物理学的重要分支学科。

物理实验和医学有着由来已久的血缘关系，许多科学家应用物理实验和研究方法为医学发展做出了重大贡献。例如，伽利略是著名的物理实验大师，他曾是医学专业的学生，他在大量物理实验的基础上将摆用于测量人的心律。他发明了温度计，使千百年来人们对“发烧”的模糊认识有了定量的描述。又如，著名的物理学家杨氏用弹性理论研究动脉血流中的脉动；用衍射方法测出细胞核纤维的直径；用光学方法研究了人眼的调节作用和散光。本世纪随着科学技术的迅猛发展，物理学和医学发展形成了许多分支科学，例如激光医学、血液流变学、呼吸物理、骨的力学和电学、医用声学等。另一方面物理学所提供的实验方法和技术在医学研究和临床医疗实践中应用越来越广泛，例如光学显微镜、X射线透视和照片、放射核素、超声波、激光、核磁共

振等。这些近代物理派生出来的新技术已使临床诊断、治疗和护理技术发生了质的飞跃。21 世纪被誉为生命科学的世纪,生命科学的长足发展,必定离不开物理学。正确地认识物理学和医学的关系,灵活应用物理学的实验方法、基本技能和思维方式,在今后的医学领域中定能大展宏图。

二、医学物理学实验的教学目的

《医学物理学》是国家教育部规定的高等医学院校基础医学、临床医学、预防、口腔医学类公共卫生学专业的一门必修基础课,《医学物理学实验》是这些专业的一门必修的、独立设置的基础实验课。通过本课程的学习,使学生在物理实验的基本知识、基本方法、基本技能等方面受到较系统的训练,从而加深对物理学基本概念和基本规律的理解和掌握,并熟悉物理学在医学方面的应用,培养良好的科学素质、创新精神和实践能力,为后继课程和将来从事医学专业工作打下一个良好的基础。

三、实验课的任务

1. 掌握常用基本物理仪器的原理和性能,学会正确使用、调节和读数。
2. 了解一些物理量的测量方法,掌握作图等常用实验方法。
3. 学习用实验方法探求物理规律、观察和分析物理现象,通过实验加深对一些医学知识及规律的认识和了解,还要用所学过的理论及实验知识指导实验,分析实验中存在的问题。
4. 学会对实验误差进行分析,正确运用有效数字,学会定性判断和定量估算实验结果的可靠性。
5. 养成良好的实验习惯和严谨的科学作风,特别要严肃认真对待

实验数据，杜绝弄虚作假，树立实事求是的科学态度。

四、实验操作规程

1. 准备工作

每次实验前，必须认真阅读实验讲义，了解实验的目的、要求、基本原理、实验仪器和操作步骤。

2. 仪器使用

力学、热学实验中，要进行仪器的调节，要注意测量仪器的零点，某些仪器不能调零，要记录仪器的零点值。电磁学实验中，连线时必须有正确的线路图。参照线路图把需要经常操作的仪器放在近处，需要读数的仪表放在眼前。根据走线合理、操作方便、实验安全的原则布置仪器。光学仪器调节的要求较高，要细心调节仪器直至达到要求的工作状态。

3. 正确联线

电磁学实验中，按线路图，从电源正极开始，经过一个回路回到电源负极，再从已接好的回路中某段的高电位点出发接下一个回路，然后回到低电位点。这样一个回路、一个回路地接，直到接线完毕。接线时还应注意，走线应美观整齐。

4. 仔细检查

在电磁学实验中，连好电路后，在接通电源前先检查电路连接是否符合要求，如电键是否打开，电源和电表的正负极是否接对，量程选择是否合适，电阻箱的示值是否正确，滑动变阻器的滑动端位置是否合适等。检查完毕再请老师复查。通电时，先试通电源，及时根据仪表示值等现象判断线路有无异常。若有异常，立即断电进行检查。

若情况正常，可正式开始做实验。

5. 数据记录

实验记录是计算结果和分析问题的依据，必须认真记录。用钢笔和圆珠笔把实验数据细心记录在预习报告的数据表格内。

6. 归纳整理

实验完毕后，应将实验数据交教师审阅，整理好仪器设备，经教师同意后，方可离开实验室。

7. 实验报告

根据实验记录写出实验报告。实验报告内容包括实验题目、实验目的、实验仪器、实验原理、实验内容、数据记录与处理、实验结果。

第一章 实验误差及数据处理

第一节 测量与误差

一、测量

实验的一个主要目的是为了获取实验数据，实验数据都是通过测量得到的，测量就是将待测量与同类标准量（量具）进行比较，得出倍数。称该标准量为单位，倍数值为数值。因此，表示一个物理量的测量值必须有数值和单位两部分。把测量值记录下来就是实验数据。

1. 直接测量和间接测量

可以用测量仪器或仪表直接读出测量值的测量称为直接测量。如用米尺测长度，用温度计测温度，用电表测电流、电压等，都是直接测量，所得的物理量如长度、温度、电流、电压等称为直接测量值。

有些物理量很难进行直接测量，而需要依据待测量和某几个直接测量值的函数关系求出，这样的测量称为间接测量。如用伏安法测电阻，先由电压表、电流表直接测量 U （电压）、 I （电流），然后利用公式 $R=U/I$ ，求出 R 。 U 、 I 是直接测量值， R 是间接测量值。

2. 等精度测量和不等精度测量

对某一物理量进行多次重复测量，而且每次测量的条件都相同（同

一测量者、同一组仪器、同一种实验方法、同一种环境), 这种测量叫等精度测量。反之, 在诸测量条件中, 只要有一个条件发生了变化, 这种测量叫不等精度测量。

二、误差 第一章

1. 真值与误差

物理量在一定条件下客观地存在一个确定的值, 此值为该物理量的真值。由于实验理论的近似性、实验仪器灵敏度和分辨能力的局限性、测量者的方法以及自身的判断等因素的影响, 不可能测到物理量的真值, 测量结果和真值之间总有一定的差异, 这种差异叫测量误差。测量误差可以用绝对误差表示, 也可以用相对误差表示:

绝对误差(δ) = 测量值(x_0) - 真值(A)

相对误差(E_r) = $\frac{\text{绝对误差}(\delta)}{\text{真值}(A)} \times 100\%$

实际测量中, 物理量的真值是不可能得到的, 一般只能根据测量值得出最佳估计值。

2. 误差的分类

根据误差性质和产生原因可将误差分为以下几类。

(1) 系统误差

在测量条件不变的情况下, 对同一物理量进行多次测量, 误差有确定的大小和方向, 而当测量条件改变时, 误差按某种确定的规律变化, 这种误差叫系统误差。系统误差来源于确定的因素, 如测量方法的近似, 仪器本身的缺点, 环境条件的影响, 观测者不正确的观测习惯等。增加测量次数并不能减少系统误差。因此, 在实验之前, 要对可能产生的系统误差加以充分地分析和估计, 并采取必要的措施尽量消除其影响。测量后应设法估计未能消除的系统误差之值, 对测量结

果加以修正。

(2)偶然误差(随机误差)

在测量条件不变的情况下,对同一物理量进行多次测量,即使系统误差消除以后,每一次测量误差都没有确定的大小和方向,没有确定的变化规律,既无法预测也无法控制,这种误差叫偶然误差。偶然误差的产生是由于人的感观灵敏程度和仪器精密程度有限、周围环境的干扰以及一些偶然因素的影响。如用毫米刻度的米尺去测量某物体长度时往往将米尺对准物体的两端并估读到毫米以下的一位读数值,这个数值就存在一定的偶然性,也就带来了偶然误差。虽然偶然误差的存在使每次测量值偏大或偏小,但是,当在相同的实验条件下,对被测量值进行多次测量时,偶然误差大小的分布却有一定的统计规律,它服从或接近正态分布规律,可以利用这种规律对实验结果的偶然误差作出估算。这就是实验中往往对某些关键量要进行多次测量的原因。

(3)粗大误差

凡是对测量结果产生明显歪曲的、用测量时的客观条件不能合理解释的那些突出误差,均可称为粗大误差。粗大误差是由于观测者不正确地使用仪器、观察错误或记录错误数据等引起的误差。它会明显地歪曲客观现象,在数据处理中应将其剔除。

三、测量的精密度、准确度和精确度

对测量结果做总体评定时,一般均应把系统误差和随机误差联系起来看。精密度、准确度和精确度都是评定测量结果好坏的,但是这些概念的含义不同,使用时应加以区别。

1.精密度

表示测量结果中的偶然误差大小的程度。它指在一定的条件下进行重复测量时,所得结果的相互接近程度,是描述测量重复性的。精密度高,即测量数据的重复性好,偶然误差较小。

2. 准确度

表示测量结果中的系统误差大小的程度,用它描述测量值接近真值的程度,准确度高即测量结果接近真值的程度高,系统误差较小。

3. 精确度

是对测量结果中系统误差和偶然误差的综合描述,它是指测量结果的重复性及接近真值的程度。对于实验和测量来说,精密度高准确度不一定高,而准确度高精密度也不一定高,只有精密度和准确度都高时,精确度才高。

第二节 不确定度的基本概念

一、不确定度

不确定度指由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度,是表征被测量的真值所处的量值范围的评定。我们在表示完整测量结果时,除给出被测量的量值 x_0 , 还要同时标出测量的总不确定度 Δ , 写成

$$x = x_0 \pm \Delta \quad (P = \rho)$$

的形式。括号内的 ρ 是一个表示可能性大小的概率值,称之为置信概率。结果表示式的含义是: 区间 $(x_0 - \Delta, x_0 + \Delta)$ 内包含被测量 x 的真值的可能性有 ρ 。由此式可知,我们可以将不确定度理解为一定概率下的误差限值。

为了直观地评定测量结果,也常采用相对不确定度的概念。用 U_r 表示相对不确定度,则有

$$U_r = \Delta / x_0$$

对不同的要求,置信概率可取不同的值,常见取值有 0.68, 0.90, 0.95, 0.99 等。在 $P=0.95$ 时,不必注明 P 值。多数的工业和商业用途上所用的约定概率为 0.95。

根据估计方法的不同,总不确定度可分为两类分量,一类是可以多次重复测量用统计学方法估算出的 A 类分量 Δ_A , 另一类是用其他方法估算出的 B 类分量 Δ_B 。将两类分量按方和根的方法合成,就得到测量结果的总不确定度:

$$\Delta = (\Delta_A^2 + \Delta_B^2)^{1/2}$$

二、不确定度与误差

不确定度和误差都是由于测量过程的不完善性引起的,它们既有区别又有联系。

误差是一个理想的概念。由于真值是无法测到的,因此误差也就无法得知,即一般无法表示测量结果的误差。我们只能通过一定的方法对测量误差进行估计,即用不确定度反映测量结果。但也不是可以用不确定度的概念代替误差的概念,在叙述误差的分析方法、合成方法和误差传递的一般原理时,仍用误差的概念,而在具体计算和表示测量结果时用不确定度。

第三节 误差的处理方法与估算

一、系统误差的处理

系统误差是影响测量结果精确度的主要因素,因尽可能消除。系统误差的处理涉及较深的知识,下面只做一般的介绍。

1. 消除产生系统误差的根源

对整个测量过程及测量装置进行必要的分析和研究,找出可能产生系统误差的原因。例如,是否有近似公式或近似计算,测量仪器结构是否合理,测量环境方面是否由于温度、湿度、气压、振动、电磁场等所引起的影响,观察者是否有不正确的观测习惯等。经过分析与研究,如果确认实验中有系统误差,针对具体原因,采取相应措施使系统误差得以减少或消除。

2. 对测量结果加以修正

计算出要处理的系统误差之值,取其反号为修正值,加到测量结果上,使测量结果得到修正;或者在计算公式中加入修正项去消除某项系统误差;或者用更高一级的标准仪器校准一般仪器,得到修正值或修正曲线,从而使测量结果得以修正。

3. 采用适当的测量方法

在测量过程中,根据系统误差的性质,可以选择交换法、替换法、抵消法等适当的测量方法,使测量值中的系统误差相互抵消,从而消除系统误差对测量结果的影响。

二、偶然误差的处理与估算

1. 直接测量的误差估算

(1) 算术平均值和残差

由于测量误差的存在,真值实际上无法找到。根据偶然误差所遵循的统计规律,测得值偏大或偏小的机会相等,即绝对值相等的正负误差出现概率是相等的。因此,在排除掉系统误差后,各次测量值的算术平均值