



高等学校理工类课程学习辅导丛书

大学物理实验学习指导书

张映辉 主编

高等教育出版社



高等学校理工类课程学习辅导丛书

DAXUE WULI SHIYAN XUEXI ZHIDAO SHU

大学物理实验学习指导书

张映辉 主编

高等教育出版社·北京

内容提要

本书依据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会编制的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2010年版)编写而成。

本书分为“测量误差、不确定度和数据处理”、“物理实验的基本训练”、“基础性实验”、“综合性实验”、“设计性实验”、“研究性实验”六章,结合一般实验教材通常设置的48个实验,对学生在预习及实验过程中可能遇到的问题进行了较为细致的补充性、辅导性讲解。

本书贯彻以学生为本的理念,突出以下特点:通俗易懂,便于自学和预习;形象直观,便于参照和操作;突出重点,便于领会实验原理;循序渐进,便于树立学习信心,提高实验素质;等等。在对有关知识和操作要领进行讲解的同时,有针对性地设置了“实验前应回答的问题”和“课后问题”,并给出了具体解答。

本书是普通高等学校理工科各专业大学物理实验课程的辅助教材,是学生学习大学物理实验的参考书,也可供教师备课或教学参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验学习指导书 / 张映辉主编. —北京:高等教育出版社,2014.7

ISBN 978 - 7 - 04 - 039639 - 3

I. ①大… II. ①张… III. ①物理学 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. ①O4 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 067450 号

策划编辑 马天魁
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 马天魁
责任校对 刘春萍

封面设计 李小璐
责任印制 刘思涵

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 肥城新华印刷有限公司
开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 17.5
字 数 310千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2014年7月第1版
印 次 2014年7月第1次印刷
定 价 20.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 39639 - 00

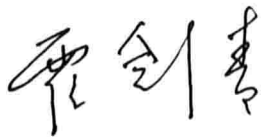
序

物理学是一门历史悠久、永远生气勃勃充满魅力的学科。物理学本质上是一门实验科学,其中产生了无数在历史上改变了世界的里程碑式的实验。这些实验在历史上创造了新领域,改变了人类的生活和思维方式;这些实验与当今的科学思想、技术相结合,不断形成了引领现代科技前沿的思想与方法,正在现代科技前沿焕发出新的光芒。

开设物理实验课程的目的,就是要引导本科生系统学习物理实验的思想、方法和技术,培养学生的实践能力、探究精神、创新思维与创新能力。在实验教学过程中广泛激发学生学习兴趣,培养学生自主学习能力是培养学生创新能力的重要基础。

教材是教学思想、教学方法、教学内容的凝练,是引导学生自主学习的重要平台,是引导学生探究、创新的源泉,教材中应蕴含着丰富的物理实验思想、巧妙的实验方法和精湛的实验技术。张映辉教授主编的这本《大学物理实验学习指导书》正是这样的教材。该教材不仅对实验的设计思想、实验方法、实验技术等方面的难题给予了要领上的解析,而且对实验教学中的常见问题,如实验中常见异常现象、数据处理方法等进行了深入浅出的分析,并给了较具体的解决方案的指导;对学生较难理解的实验原理、仪器的运行机理、实验方法等实验中应注意的重点难点问题,以“实验前应回答的问题”、“课后问题”等方式提出并给予解析;特别在设计性、研究性实验内容方面有其独特的设计和教学思路。

该书立意高,落点实,体现了以学生为主体、教师为主导的教学理念,紧扣《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2010年版),凝练了张映辉教授30年的教学实践经验,反映了她所带领的团队长期以来在物理实验教学一线默默奉献的精神和所取得的丰硕教改成果。祝愿教材的出版在提高高校物理实验教学水平和教学质量中发挥重要的作用。



2014年6月26日

前言

物理学本质上是一门实验科学。物理规律的定律、原理,或者是直接通过实验予以揭示的,或者是必须经过实验证明才能确立。

物理实验是科学实验的先驱,体现了大多数科学实验的共性,在实验思想、实验方法以及实验手段等方面是各学科科学实验的基础。

物理实验课是高等学校理工科各专业对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是学生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。

学好物理实验,掌握物理实验的基本方法和技能,不仅是深入理解物理定律、原理不可或缺的重要环节,也是培养解决实际问题能力、提高综合素质的有效途径。

对于学习者来说,面对新颖的实验题目、陌生的仪器设备、抽象的实验原理,难免有一些眼花缭乱、不知所措的感觉。而一般的实验教材(和实验教师)由于受知识体系、篇幅(和教学时间)等客观条件的限制,又不可能详尽地回答那些较为具体的、基础性的问题。

为学生架设一个桥梁,提供一个预习(自学)指导和操作指南,是本书的主旨。

依据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会编制的《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》(2010年版),本书按照测量误差、不确定度和数据处理,物理实验的基本训练,以及基础性实验、综合性实验、设计性实验、研究性实验四个教学层次,结合理工科大学物理实验一般题目暨《大学物理实验》(机械工业出版社,2009年版)教材,对学生在预习及实验过程中可能遇到的问题,进行了补充讲解;有针对性地设置了“实验前应回答的问题”和“课后问题”,并给出了具体解答。本书是我校物理实验教学中心几十年来物理实验教学经验和近年来教改成果的结晶。相对于一般的实验教材,本书具有以下几个特点:

1. 通俗易懂,便于自学和预习。每个实验都给出了简明扼要的操作要点和注意事项,对初学者易出现的问题,作出了较为详细的解释,并给出了实验报告范例。

2. 形象直观,便于参照和操作。用大量的照片、图表显示实验过程和可能

出现的景象。

3. 突出重点,便于领会实验原理。把实验原理等难点以问题的形式提出,并给予解答。

4. 循序渐进,便于树立学习信心,提高实验素质。明确了数据测量及精度要求,以及实验报告的撰写要求,便于操作和数据处理。结合部分典型实验,给出了清晰、详尽的数据处理范例,以及细致透彻的误差分析。

参加本书编写的有:张映辉(怎样撰写物理实验报告,第一章,第二章,第五章第一节、第二节,实验 2.1、3.1、3.2、3.3、3.7、3.9、3.11、3.12、3.13、4.1、4.4、4.6、4.7、4.11、4.14、4.15、5.1、5.2、5.3),张芝涛(实验 6.1),陈宝玖(实验 6.4、6.5),于涛(实验 6.6),陈季香(实验 4.12),彭勇(实验 4.3、4.16),郭彦青(实验 3.5、3.6),殷燕(实验 3.4、3.14、4.8、4.9、4.10、5.4),荆波(实验 3.10),孙敏(实验 2.2、3.8),程轶(实验 4.13),盛德元(实验 4.2、4.5),刘开颖(实验 6.10、6.11),李香萍(实验 5.5),张朋波(实验 6.7、6.8、6.9),俞哲(实验 6.2、6.3)。全书由张映辉负责统稿。

中国科学技术大学霍剑青教授对本书的编写工作给予了极大的关注和支持,并仔细审阅了全书,提出了宝贵的修改意见,编者在此表示衷心的感谢。由于编者的水平和条件有限,书中难免有不妥或疏漏之处,欢迎读者提出批评、建议,给予指正。

张映辉

2014 年 3 月 18 日

目 录

怎样撰写物理实验报告	(1)
第一章 测量误差、不确定度和数据处理	(10)
第一节 测量误差、不确定度	(10)
第二节 数据处理	(19)
第三节 物理实验的基本方法学习导航	(28)
习题	(28)
参考答案	(31)
第二章 物理实验的基本训练	(33)
第一节 基本物理量的测量学习导航	(33)
第二节 物理实验的基本调整和操作技术学习导航	(34)
第三节 基本操作练习	(34)
实验 2.1 长度与质量的测量	(34)
实验 2.2 物体密度的测量	(39)
第三章 基础性实验	(43)
实验 3.1 扭摆法测物体的转动惯量	(43)
实验 3.2 用三线摆测物体的转动惯量	(46)
实验 3.3 静态法测定金属丝的弹性模量	(51)
实验 3.4 弦线上的驻波实验	(58)
实验 3.5 冷却法测量金属的比热容	(61)
实验 3.6 空气比热容比的测定	(67)
实验 3.7 电阻元件伏安特性的研究	(73)
实验 3.8 平衡电桥与非平衡电桥特性的研究	(77)
实验 3.9 用补偿法测电源电动势和内阻	(80)
实验 3.10 霍尔法测磁场	(85)
实验 3.11 示波器的使用	(90)

实验 3.12	分光计的调节与使用	(97)
实验 3.13	用牛顿环测透镜的曲率半径	(100)
实验 3.14	偏振光的观测与研究	(107)
第四章	综合性实验	(114)
实验 4.1	液体表面张力系数的测定	(114)
实验 4.2	超声速的测定	(121)
实验 4.3	磁阻效应及磁阻传感器的特性研究	(125)
实验 4.4	RC 串联电路充放电特性研究	(129)
实验 4.5	RLC 串联谐振电路特性研究	(134)
实验 4.6	迈克耳孙干涉仪实验	(139)
实验 4.7	衍射光栅的研究	(149)
实验 4.8	用分光计测三棱镜顶角和折射率	(154)
实验 4.9	液体旋光率的测定	(159)
实验 4.10	菲涅耳双棱镜测量光的波长	(164)
实验 4.11	非线性相位调制假彩色编码	(169)
实验 4.12	用密立根油滴仪测量电子电荷	(175)
实验 4.13	金属电子逸出功的测定	(179)
实验 4.14	光电效应和普朗克常量的测定	(185)
实验 4.15	弗兰克 - 赫兹实验	(192)
实验 4.16	pn 结的特性 玻耳兹曼常量的测定	(197)
第五章	设计性实验	(201)
第一节	制定设计性实验方案的原则学习导航	(201)
第二节	设计举例学习导航	(202)
第三节	设计性实验选题	(202)
实验 5.1	重力加速度的测定	(202)
实验 5.2	电表的改装	(205)
实验 5.3	电源控制电路输出特性研究	(210)
实验 5.4	显微镜和望远镜的设计与组装	(215)
实验 5.5	光敏传感器的光电特性研究	(218)
第六章	研究性实验	(223)
实验 6.1	大气压下电晕放电的产生与伏安特性	(223)

实验 6.2	低温等离子体参量的双探针诊断	(227)
实验 6.3	电荷电压法测量介质阻挡放电功率	(230)
实验 6.4	玻璃材料的设计与制备	(233)
实验 6.5	固相法合成上转换荧光粉及光谱测量	(238)
实验 6.6	液晶电光效应的测量	(241)
实验 6.7	太阳能电池伏安特性和应用研究	(243)
实验 6.8	太阳能风光互补发电特性研究	(247)
实验 6.9	太阳能光伏电池特性研究	(251)
实验 6.10	可见分光光度计用于水中总残余氧化剂的测定	(254)
实验 6.11	流动注射 - 分光光度法测定水体中总残余氧化剂	(260)
参考文献		(268)

怎样撰写物理实验报告

物理实验除了使学生受到系统的科学实验方法和实验技能训练外,还能通过书写实验报告为学生将来从事科学研究和工程技术开发等工作时撰写论文打基础。因此,实验报告是实验课学习的重要组成部分,应认真对待。

实验报告包含以下内容:(1) 实验目的;(2) 实验原理;(3) 实验仪器设备;(4) 实验内容(简单步骤)及原始数据;(5) 实验数据处理及结论;(6) 结果的分析讨论;(7) 实验总结。

一、实验目的

不同实验有不同的训练目的,通常教材都给予明确阐述。但在具体实验过程中,有些内容并不进行,或实验内容作了改变。因此,不能完全照抄书本,应按课堂要求并结合自己的体会来写。

如综合性实验:液体表面张力系数的测定。

实验目的

1. 掌握利用表面张力系数测定仪,测定液体表面张力系数的实验原理。
2. 掌握利用最小二乘法进行线性拟合对仪器灵敏度定标的方法。
3. 学会不同待测量的不确定度估算方法,分析各直接测量量对实验结果的影响。
4. 学会用拉脱法测定水的表面张力系数并分析实验误差。

二、实验原理

实验原理是科学实验的基本依据。实验设计是否合理,实验所依据的测量公式是否严密可靠,实验采用什么规格的仪器,要求精度如何,应在原理中交代清楚。

1. 必须有简明扼要的语言文字叙述。通常教材可能过于详细,目的在于方便学生阅读和理解。书写报告时不能完全照抄书本,应该用自己的语言进行归纳阐述。文字务必清晰、通顺。
2. 写出所依据的原理公式,各物理量的含义,以及简要的推导过程。
3. 画出必要的原理图或实验装置示意图。如图不止一张,应依次编号,安插在相应的文字附近。

如设计性实验:电源控制电路输出特性研究。

实验原理

滑线变阻器在电路中的连接形式不同,可构成分压和限流两种电路,对电源进行控制和调节。

1. 分压特性研究

实验电路如图 1 所示。滑动头将滑线电阻 R_0 分成 R_1 和 R_2 两部分, R_L 为负载电阻。

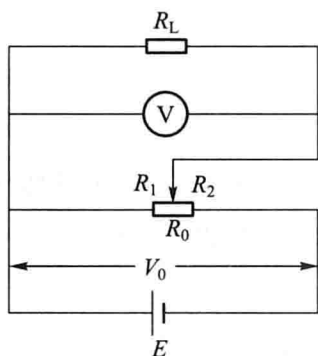


图 1 分压电路

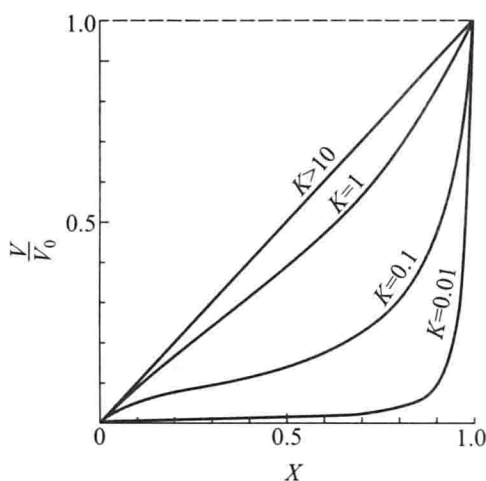


图 2 分压特性曲线

电路总电阻为

$$R = R_2 + \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L}$$

故总电流为

$$I = \frac{V_0}{R} = \frac{V_0}{R_2 + \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L}}$$

V_0 为电源的端电压,不是电源的电动势 E 。负载电阻 R_L 上的压降为

$$V = I \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} = \frac{R_1 R_L V_0}{R_0 R_1 + R_0 R_L - R_1^2} = \frac{\frac{R_1}{R_0} \cdot \frac{R_L}{R_0} \cdot V_0}{\frac{R_1}{R_0} + \frac{R_L}{R_0} - \left(\frac{R_1}{R_0}\right)^2}$$

令 $K = \frac{R_L}{R_0}$, $X = \frac{R_1}{R_0}$ 。 K 是负载电阻 R_L 相对于滑线电阻 R_0 阻值大小的参量; X 是滑线电阻 R_0 的滑动头相对于低电位端的位置参量。则上式可改写为

$$\frac{V}{V_0} = \frac{KX}{K + X - X^2}$$

在给定负载 R_L 和滑线电阻 R_0 的情况下, K 为某一定值, 则分压比 V/V_0 与滑线电阻 R_0 滑动头位置参量 X 有关, 它们的函数关系曲线如图 2 所示。

本实验是通过实际测量来检验 $V/V_0 - X$ 的函数关系曲线是否与理论曲线相吻合, 并探讨分压电路的有关规律。

2. 限流特性研究

实验电路如图 3 所示。此时流过负载 R_L 的电流为

$$I = \frac{V_0}{R_2 + R_L}$$

令 $I_0 = \frac{V_0}{R_L}$, 则

$$\frac{I}{I_0} = \frac{K}{1 + K - X}$$

K 、 X 定义同前。对于不同的参量 K , 电路的限流比 I/I_0 与滑线电阻 R_0 滑动头位置参量 X 有关, 它们的函数关系曲线如图 4 所示。

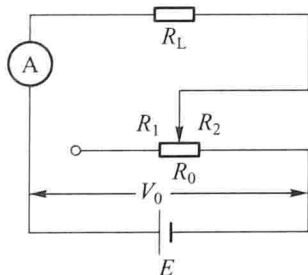


图 3 限流电路

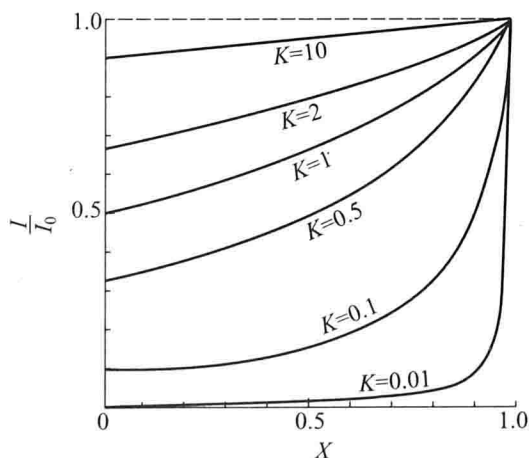


图 4 限流特性曲线

本实验是通过具体测量来了解它们的关系曲线及限流电路的基本特征。

三、实验仪器设备

在科学实验中, 仪器设备是根据实验原理及相对不确定度的要求来配置的, 书写时应记录: 仪器的名称、型号、规格和数量(根据实验室实际情况如实记录, 没有用到的不写); 在科学实验中往往还要记录仪器的生产厂家、出厂日期和出厂编号, 以便在核查实验结果时提供可靠依据; 电磁学实验中普通连接导线不必记录, 或写上导线若干即可。但特殊的连接电缆必须注明。

如基础性实验: 平衡电桥与非平衡电桥特性研究。

实验仪器设备

DF1708 - A 型直流稳压电源(15 V/2 A), QJ23 型直流电阻电桥, AC15/1 型直流指针式检流计(分度值 2×10^{-6} A/格), ZX21 型旋转式电阻箱, ZX36 型旋转式电阻箱, DT9977 数字万用表, 待测电阻, 单刀单掷开关, 导线若干。

四、实验内容及原始数据

概括性地写出实验的主要内容或步骤, 特别是关键步骤和注意事项。根据测量所得如实记录原始数据, 直接写在预习时画好的数据表格内, 特别注意有效数字位数, 标明各物理量的单位, 必要时注明实验或测量条件。

1. 如何做好实验记录

对待实验数据: 必须严格、慎重、准确、真实。如实、清晰、详尽地记录原始数据, 不要随意涂改数据, 也不要打草稿再誊写上去。实验数据的记录不准用铅笔, 实验中改过的数据应由老师认可; 其余实验数据不准任意修改。

实验条件: 记录数据或现象时的实验条件。

实验现象: 与预想一致或不一致的各种现象。

实验数据: 清晰、详尽。

实验中的问题和想法。

2. 如何画数据表格

例: 测量一个规则铜环样品的密度, 如何求密度?

$$\rho = \frac{4m}{\pi(D^2 - d^2)h}$$

应该明确哪些是测量量, 哪些是直接测量量, 哪些是间接测量量; 以及先测哪个, 后测哪个, 多次测量还是单次测量, 哪些需要列在表格里, 测量顺序; 明确物理量名称、单位。

例: 测量规则铜环密度的数据记录表格如表 1 所示。

表 1 游标卡尺测量铜环内、外径和高度数据表格

游标卡尺的分度值 0.02 mm

测量次数 n	1	2	3	4	5	6
外径 D_n/mm						
内径 d_n/mm						
高度 h_n/mm						

铜环质量 $m =$ _____ g, 天平感量为 0.05 g; 温度 $t =$ _____ °C, 湿度为 _____。

如基本操作练习: 规则铜环密度的测量。

实验内容及原始数据

1. 用游标卡尺在铜环的不同部位测内、外径和高度各 6 次, 见表 2。

表 2 游标卡尺测量铜环内、外径和高度测量值

游标卡尺的分度值 0.02 mm

测量次数 n	1	2	3	4	5	6
外径 D_n/mm	35.02	35.00	35.02	35.02	35.02	35.04
内径 d_n/mm	19.98	20.00	19.98	19.92	19.98	19.96
高度 h_n/mm	24.04	24.10	24.04	24.16	24.12	24.08

2. 用物理天平测量铜环质量。 $m = 135.74$ g, 天平感量为 0.05 g。

3. 温度 20.0 °C, 湿度为 68.5%。

五、数据处理及结论

1. 对于需要进行数值计算而得出实验结果的, 测量所得的原始数据必须如实代入计算公式, 按有效数字运算法则进行计算, 不能在公式后立即写出结果。

2. 对结果进行不确定度分析。

3. 写出实验结果的表达式(测量值、不确定度、单位及置信度, 置信度为 0.95 时可不必说明), 实验结果的有效数字必须正确。

4. 若所测量的物理量有标准值或标称值, 则应与实验结果比较, 求相对误差。

5. 需要作图时, 要附在报告中。

如基本操作练习: 规则铜环密度的测量。

数据处理及结论

$$\bar{D} = \frac{1}{6} (35.02 + 35.00 + \cdots + 35.04) \text{ mm} = 35.020 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^6 (D_n - \bar{D})^2}{6-1}} = \sqrt{\frac{(35.02 - 35.020)^2 + \cdots + (35.04 - 35.020)^2}{5}} \text{ mm} \\ &= 0.013 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U(D) = \sqrt{\sigma^2 + \Delta_{\text{ins}}^2} = \sqrt{0.013^2 + 0.02^2} \text{ mm} = 0.024 \text{ mm}$$

所以

$$\bar{D} \pm U(D) = (35.020 \pm 0.024) \text{ mm}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{6}(19.98 + 20.00 + \cdots + 19.96) \text{ mm} = 19.970 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^6 (d_n - \bar{d})^2}{6-1}} = \sqrt{\frac{(19.98 - 19.970)^2 + \cdots + (19.96 - 19.970)^2}{5}} \text{ mm} \\ &= 0.028 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U(d) = \sqrt{\sigma^2 + \Delta_{\text{ins}}^2} = \sqrt{0.028^2 + 0.02^2} \text{ mm} = 0.03 \text{ mm}$$

所以

$$\bar{d} \pm U(d) = (19.97 \pm 0.03) \text{ mm}$$

$$\bar{h} = \frac{1}{6}(24.04 + 24.10 + \cdots + 24.08) \text{ mm} = 24.090 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^6 (h_n - \bar{h})^2}{6-1}} = \sqrt{\frac{(24.04 - 24.090)^2 + \cdots + (24.08 - 24.090)^2}{5}} \text{ mm} \\ &= 0.05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$U(h) = \sqrt{\sigma^2 + \Delta_{\text{ins}}^2} = \sqrt{0.05^2 + 0.02^2} \text{ mm} = 0.05 \text{ mm}$$

所以

$$\bar{h} \pm U(h) = (24.09 \pm 0.05) \text{ mm}$$

$$U(m) = \Delta_{\text{ins}} = 0.05 \text{ g}$$

所以

$$m \pm U(m) = (135.74 \pm 0.05) \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \bar{\rho} &= \frac{4m}{\pi(\bar{D}^2 - \bar{d}^2)\bar{h}} = \frac{4 \times 135.74 \times 10^{-3}}{3.1416 \times (35.020^2 - 19.97^2) \times 24.09 \times 10^{-9}} \text{ kg/m}^3 \\ &= \frac{4 \times 135.74 \times 10^{-3}}{3.1416 \times 827.6 \times 24.09 \times 10^{-9}} \text{ kg/m}^3 \\ &= 8.6688 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_r &= \frac{U(\rho)}{\bar{\rho}} = \sqrt{\left[\frac{U(m)}{m}\right]^2 + \left[\frac{2\bar{D}U(D)}{\bar{D}^2 - \bar{d}^2}\right]^2 + \left[\frac{2\bar{d}U(d)}{\bar{D}^2 - \bar{d}^2}\right]^2 + \left[\frac{U(h)}{\bar{h}}\right]^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{0.05}{135.74}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 35.020 \times 0.024}{35.020^2 - 19.97^2}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 19.97 \times 0.03}{35.020^2 - 19.97^2}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{24.09}\right)^2} \\ &= 0.3\% \end{aligned}$$

$$U(\rho) = \bar{\rho} U_r = 8.6688 \times 10^3 \times 0.3\% \text{ kg/m}^3 = 0.026 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

所以

$$\bar{\rho} \pm U(\rho) = (8.669 \pm 0.026) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

六、结果的分析讨论

一篇好的实验报告,除了有原始测量记录和正确的数据处理、结论外,还应该对结果合理性进行分析讨论,从中找到被研究事物的运动规律,并且判断自己的实验或研究工作是否可信或有所发现。

一份只有数据记录和结果计算的报告,其实只完成了测试操作人员的测试记录工作。至于数据结果的好坏、实验过程还存在哪些问题、还要在哪些方面进一步研究和完善等,都需要我们去思考、分析和判断,从而提高理论联系实际的能力、综合能力和创新能力。

1. 首先应对实验结果的合理性进行判断

如果仪器运行正常,步骤正确、操作无误,那就应该相信自己的测量结果是正确或基本正确的。

对某物理量经过多次测量所得结果差异不大时,也可判断自己的测量结果是否正确。

如果被测物理量有标准值(理论值、标称值、公认值或前人已有的测量结果),应与之比较,求出差异。差异较大时应分析误差的原因:

- (1) 仪器是否正常? 是否经过校准?
- (2) 实验原理是否完善? 近似程度如何?
- (3) 实验环境是否合乎要求?
- (4) 实验操作是否得当?
- (5) 数据处理是否准确无误?

2. 分析实验中出现的奇异现象

如果出现偏离较大甚至很大的数据点或数据群,则应认真分析偏离原因,考虑是否将其剔除还是找出新规律。

无规则偏离时,主要考虑实验环境的突变、仪器接触不良、操作者失误等。

规则偏离时,主要考虑环境条件(温度、湿度、电源等)的变异、样品的差异(纯度、缺陷、几何尺寸不均等)。

如果能找出新的数据规律,则应考虑是否应该否定前人的结论。只有这样,才能在科学研究中有所创新。但要切实做到“肯定有据、否定有理”。

3. 回答教材中提出的思考题

问题可能有好几个,但不一定要面面俱到,一一作答。宁可选择一两个自己有深刻体会的问题,用自己已掌握的理论知识和实践经验说深说透。

如设计性实验:电源控制电路输出特性研究。

实验结果分析和讨论

1. 本实验所得曲线与原理曲线相似,故可认为实验是基本成功的。

2. 当 $K = R_L/R_0 \approx 1$ 时,分压和制流特性曲线都接近线性,但不是一条直线。若要求其呈一条直线,则取 $K > 1$ 比较合适,实际 $K = 2$ 那条线可近似作为直线,电压和电流调节已达到一般均匀性的要求了。

K 值越小,曲线弯曲得越厉害,当 $K \approx 0$ 时,曲线几乎呈直角弯曲。

3. 实验结果表明,测量值比理论计算值高,尤其在小负载 ($K < 0.01$) 情况下更为突出。这可能由于:

(1) 负载电阻 R_L 精度不高,误差达 5% 以上。

(2) 滑线变阻器的滑动头位置不准确,触头不是精密点接触,可能同时跨越几圈电阻线。

(3) 电表内阻带来的影响。

(4) 电源稳定度不高,等等。

4. $K \approx 1$ 时,曲线 $V/V_0 - X$ 和 $I/I_0 - X$ 近乎线性,这在电子线路中有广泛应用。例如,前者作为音频放大器的音量调节,音量随电位器中心触头的位置近乎线性地增减;后者多在电路中作偏流电阻使用。

5. 除非特殊应用,一般不采用 $K \ll 1$ 的电路设计。

七、实验总结

1. 实验总结一般包括如下内容

(1) 本实验建立在什么物理模型基础上?

(2) 本实验使用了什么测量方法? 还有哪些其他测量方法? 本测量方法有什么优点?

(3) 本实验得到了什么样的测量结果?

(4) 实验中出现了什么现象? 哪些是新现象?

(5) 实验的误差有哪些? 各种误差的来源是什么? 如何避免或消除这些误差?

(6) 这个实验还可以进行什么样的改进?

(7) 该实验有什么预计应用前景?

注意:实验总结不是注意事项,写成注意事项者不给分。

2. 实验总结举例(利用光杠杆测量固体的线膨胀系数)

本实验以均匀细长铜棒为研究对象,采用通体均匀加热观察其长度的改变量。由于该量很小 ($10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 量级),直接观察非常困难,因此采用光路放大的方法,每隔 $8 \text{ } ^\circ\text{C}$ 左右记录刻度尺示数。实验结果显示,棒长增量与温度变化量基