

基础 物理 实验

主编 是度芳 贺渝龙

湖北科学技术出版社

基础物理实验

是度芳 贺渝龙 主编



湖北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基础物理实验/是度芳等著. —武汉: 湖北科学技术出版社, 2003.1

ISBN 7-5352-2960-3

I. 基… II. 是… III. 物理学 实验 IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 001345 号

基础物理实验

© 是度芳 贺渝龙 主编

责任编辑: 王连弟

封面设计: 喻 杨

出版发行: 湖北科学技术出版社

电话: 86782508

地 址: 武汉市武昌黄鹤路 75 号

邮编: 430077

印 刷: 华中科技大学印刷厂

邮编: 430074

督 印: 刘春尧

787mm×1092mm 16 开 14.5 印张

360 千字

2003 年 1 月第 1 版

2003 年 1 月第 1 次印刷

印数: 0 001-6 800 册

ISBN 7-5352-2960-3/O·40

定价: 18.60 元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

内 容 简 介

本书是供工科高等学校本科生使用的物理实验教材。全书内容反映了华中科技大学物理实验教学的改革成果和多年积累的教学经验。

全书包括基本实验和综合实验共 30 个。基本实验内容涵盖力、热、声、光、电各个方面。这一层次实验的教学目的在于对学生进行基本原理、基本实验技能和数据处理方法的训练。综合实验引进了先进的实验仪器和近代物理实验。这一层次实验的教学目的在于对学生进行综合性物理实验和近代物理实验训练，提高学生综合应用知识的能力和创新能力，增强近代物理实验知识。

目 录

第一篇 总 论

一、绪论	3
二、物理实验课程和实验报告的要求	6
三、测量与不确定度	8

第二篇 基本实验

实验 1 转动惯量的测量	35
实验 2 光杠杆法测金属丝的杨氏模量	39
实验 3 用波尔共振仪研究受迫振动	45
实验 4 超声声速的测量	51
实验 5 金属线膨胀系数的测定	56
实验 6 电子元件伏安特性的测定	61
实验 7 示波器的使用	66
实验 8 直流电桥及其应用	76
实验 9 非平衡直流电桥原理与应用	83
实验 10 霍尔效应及螺线管磁场测量	91
实验 11 磁化曲线和磁滞回线测量	97
实验 12 用纵向磁聚焦法测定电子荷质比	107
实验 13 薄透镜焦距的测定	111
实验 14 平行光管的调节与应用	115
实验 15 分光计的调整与折射率的测定	121

第三篇 综合实验

实验 16 动力学法测定材料的杨氏模量	131
实验 17 双光栅测量微弱振动位移量	136
实验 18 RLC 串联电路的暂态过程	141
实验 19 非平衡直流电桥的设计与非线性电阻测量	146
实验 20 光的干涉与应用	151
实验 21 衍射光栅的特性与光波波长的测量	159

实验 22	双折射与偏振光	163
实验 23	旋光性及旋光性溶液浓度的测量	174
实验 24	CCD 原理与应用技术	179
实验 25	音频信号光纤传输技术	186
实验 26	温度传感实验	198
实验 27	激光全息照相	207
实验 28	光电效应实验	212
实验 29	夫兰克-赫兹实验	218
实验 30	密立根油滴实验	222

第一篇 总 论

一、绪 论

(一) 21 世纪本科生能力培养要素

江泽民主席讲:“创新是一个民族的灵魂。”作为以培养人才为己任的高等院校,必须为培养创新人才而努力奋斗。尤其是在进入 21 世纪后,如何培养创新型人才,本科生应该具有怎样的素质和能力是高校教师面临的一个十分重要的问题。作为 21 世纪创新型人才,大学生必须具备如下四个方面的素质。

1. 科学素质

纵观新中国成立后的国民经济发展史和科学技术发展史以及世界科技发展史,我们首先应该特别强调对大学生的科学素质培养,科学素质主要包括三个方面——科学思维、科学态度和科学方法,大学生毕业后,他们奔赴各种各样的岗位,从事各种各样的工作,但是不管你从事什么工作,都必须用科学思维、科学态度和科学的方法去工作,这是工作不会产生重大失误的重要保证,这是工作取得成果的重要保证。

作为物理学科,尤其是实验物理,我们可以举出很多例证来证明:物理实验的基本原理、基本规律、实验验证、实验方法、实验技能,全部都离不开科学思维、科学态度、科学方法。这一点强有力地说明:对学生进行科学素质培养,我们物理教育工作者责无旁贷,我们务必培养学生具有坚实的科学基础,大力提高学生的科学素质。

2. 综合应用知识的能力

科学技术发展到今天,单一的知识与技术是很难使工作取得重大的突破或成绩,更谈不上会有重大的发明创造。因此,掌握和能够综合应用各种知识和技术,才是今后取得重要成果的基本保证。

3. 掌握新知识和新技术

最近一二十年科学技术的发展表明:知识和技术的发展真正是日新月异、突飞猛进,知识和技术的更新周期是愈来愈短。因此我们的高等教育必须将最新的知识和技术教给学生,同时必须教会学生更新知识和更新技术的能力,这样才能使学生具有创新的基础。

4. 创新思维、创新意识、创新精神

基本的常识告诉我们:因循守旧、墨守成规决不能做出创造性的工作,决不能取得创造性的成果。因此这种人也决不是创新人才。作为创新人才,必须具有创新精神,具有创新意识,能够进行创新思维。

(二) 物理实验教学的功能和地位

(1) 物理实验是大学生第一门实验性课程,是各门实验课的基础,必须重视基本的实验技能训练和数据处理方法训练。物理实验课对后面的各类实验课程具有示范作用。

(2) 物理实验是科学与技术的结合,它承担着物理原理教育和技术教育两种功能。物理是研究科学规律的,而实验是用技术手段来显示规律的,因此,要注意物理思想与物理方法的教育,要将科学原理与实验技能培养相结合。

(3) 物理实验是综合应用知识的典范。力、热、声、光、电、近代物理和现代实验技术都包含在物理实验中,这是任何其他实验性课程所不能替代的。

(4) 物理学是一门创造性思维的科学,物理实验将创造思维与实践紧密地结合起来了。

总之,物理实验教学体系和课程内容,应该最能体现和适应 21 世纪培养人才的要求。物理实验室是培养创新能力的重要基地。物理实验课是培养创新能力的重要环节。

(三) 物理实验教学的新体系——层次化

为了适应 21 世纪对人才培养的要求,必须进行教学改革。实践性课程教学改革的核心是建立新的实验教学体系。建立新的教学体系的指导思想是:增强基础、循序渐进、逐步提高、因材施教。我们遵循这一指导思想,打破了原来的物理实验体系和课程,将全部物理实验课程作一整体考虑,将其有机地联系起来,建立了一个多层次的三级物理实验新体系。就基础物理实验而言,建立了一个三层次的新体系。

第一层次:基本实验。这一层次的实验具有基础性,内容涵盖力、热、声、光、电各个方面。这一层次的教学目的在于对学生进行基本原理、基本实验技能和数据处理方法训练。

第二层次:综合实验。在基本实验基础上提高档次,引进先进的实验仪器和近代物理实验。这一层次的教学目的在于对学生进行综合性物理实验和近代物理实验训练,提高综合应用知识的能力和增强近代物理实验知识。

第三层次:研究型、设计型实验。这一层次的实验大多为组合型设计型实验和近代物理实验。大量引进了以传感器计算机为代表的现代实验技术。这一层次的教学目的在于提高学生综合应用知识的能力、设计实验的能力和增强创新思维与创新能力。这一层次为因材施教、培养优秀提供了保障条件。

(四) 物理实验教学内容和实验技术的现代化

物理实验是一门基础性课程,但是必须在增强基础的前提下,使物理实验内容和实验方法具有时代性、体现时代精神。因此,在教学内容和实验方法的改革上,我们力求具有前瞻性和先进性。所谓前瞻性就是确保我们所进行的改革在今后相当一段时间内不会落后。所谓先进性就是引进先进的实验、先进的仪器,尤其是引进大量的近代物理实验和传感器计算机为代表的现代实验技术。我们具体做了三方面的工作。

1. 革除陈旧实验、更新实验和仪器、更新实验技术

在第一、二层次实验中保留的实验仅 4 个,更新改造实验 4 个,全新的实验有 19 个,第三层次实验共 46 个,全部为新实验,而且从美国引进了 PASCO 实验 23 个,从德国引进来的 Leybold 实验 15 个。同时建立了一个有 35 个终端的仿真实验室,能使学生在网上做虚拟实验。

2. 增加近代物理实验

在第一、二层次中,近代物理实验有 6 个,占 23%;第三层次中近代物理实验有 19 个,占 41%。

3. 增加新技术、新仪器

经过近几年的建设,实验仪器基本上是全新的。而且大量引进了以传感器计算机为代表的现代实验技术。使用计算机的实验有 40~50 台套。

(五) 全开放式教学模式

开放式教学模式是实验教学发展的必然趋势。我们实行的是计算机网络管理下的全开放式教学模式。由学生自主选择实验时间、实验项目和实验内容。学生可以通过网上预约实验,老师通过计算机网络进行实验教学管理。开放式教学模式可以充分调动学生的学习自主性和学习积极性,可以提高学生的动手能力和科学素质。这完全符合教学“以学为本”原则。

我们把实验的选择权利交给了同学们,同学们应该严格遵守自己的选择,自觉维护教学秩序。

(六) 新观念、新思维、新方法

为了适应 21 世纪对人才培养的要求,在新旧世纪交替之际,以世界银行贷款项目——高等教育发展项目为契机,许多高校都对实验性课程,尤其是基础性实验课程(例如物理实验课)进行了大规模的投资,与此相应的是进行了大规模的实验教学改革。这其中渗透了新观念、新思维、新方法。面对这样的新形势,同学们也应该为把自己培养成综合型、创造型人才而多一层思考,也应使自己用新观念、新思维、新方法去参加实验性课程的学习。敢于选择新实验、难度大的实验,敢于在实验中提出自己的想法,这样就有利于培养自己的动手能力、综合应用知识的能力和创新能力。

(七) 编写工作

本书包含第一层次和第二层次实验。第三层次实验将另行出版。参加本书编写工作的教师有:是度芳(绪论,实验 8、9、19、22、24、25、26、27),贺渝龙(物理实验课程程序和实验报告的要求,实验 1、4、14、15、21、23),熊永红(测量与不确定度,实验 30),任忠明(实验 2、16),孙威娜(实验 3、5、17),李瑞霞(实验 6、10、28、29),吴伟(实验 7、12、18、20),赵维义(实验 11),常更生(实验 13)。第一、二篇由是度芳统稿,第三篇由贺渝龙统稿。虽然本书中的大部分实验已作为讲义使用过两次,但书中错误和不妥之处还难以避免,恳请本书读者、尤其是使用本书的教师给予指正。

(八) 注意事项

(1) 本书中标有(★)号的部分为选做实验内容,可以根据时间和兴趣选做。

(2) 做电学实验必须注意以下几点:

- ① 凡是 220 V 以上的交流电和高压电,操作时应倍加小心,注意安全;
- ② 凡是带电触点,不能用手触摸;
- ③ 直流电源,必须注意极性。

(3) 做光学实验必须注意以下几点:

- ① 凡是激光源和强光源,不能用眼睛直接对着光源观察;
- ② 调光路过程中观察光斑时,应在白纸或白屏上观察光斑,不能用眼睛直接对着光线观察;
- ③ 光学元件表面严禁用手触摸,需要擦拭光学元件表面时,必须使用镜头纸或药棉,严禁用其他纸张或布类擦拭。

致谢:在编写讲义和成书过程中,我的一批研究生张新峰、潘金虎、陈世华为本书付出了艰辛的劳动和智慧,在此表示感谢。

二、物理实验课程程序和实验报告的要求

物理实验实行开放式教学。实验课的基本程序是预约、预习、课堂操作、处理数据并完成实验报告。

(一) 预约

每学期上课前应按通知的时间以个人为单位预约本学期的实验,以后必须按照自己预约的时间,到相关实验室独立完成预约的实验。预约方法见附录。

(二) 预习

实验课前应该认真预习,仔细阅读教材和相关参考资料,弄清实验的研究对象,实验原理和实验方法、步骤,了解仪器的结构和调节要求。在充分预习的基础上用简洁的科学语言写好预习报告。

(三) 实验操作

实验课是锻炼实践能力,培养创造精神的极好机会。应注重实验过程,认真观察,独立思考,手脑并用,提高运用理论知识和已有的经验分析解决问题的能力,培养严谨、耐心、实事求是的科学态度和探索、求真的科学精神。

上实验课要带好预习报告和数据记录草稿,动手前应先了解本次实验的注意事项和仪器调试的特殊要求,在草稿上记录有关资料和仪器参数,设计好数据表。采集数据要注意有效数字的有关规定,记录的数据应该是有效数字。原始数据必须是真实的,不允许抄袭和任意涂改。完成实验后全部数据应交指导老师检查,通过检查,教师在预习报告和记录草稿上签字后,才能切断电源,整理好实验装置,结束本次实验。

(四) 处理数据、完成实验报告

完整的实验报告应包括下列项目:

实验名称

实验目的 简单地写明本次实验的目的、要求。

实验原理 用简洁的语言说明实验原理,给出基本公式并说明公式及其中各物理量的意义,绘制重要的原理图。

实验仪器 主要仪器及其型号、精度等有关参数。

实验内容 简明扼要地写出实验研究的内容和重要步骤,绘制主要的线路图和光路图。

数据处理 按数据表的要求设计科学、合理的表格,首先将整理好的原始数据填入表格内,再根据每个实验的具体要求进行数据处理。计算待测量要写明所用公式并代入数据。要求作图的必须用坐标纸;要求计算不确定度的必须给出每个不确定度分量及总不确定度的计算方法、计算过程和计算结果。最后应按教材要求给出完整的结果表述。

结果分析 认真分析、讨论本次实验的结果及问题,也可以对实验中的问题和实验方法提

出改进的设想和建议。

实验报告分两次完成,预习报告即实验报告的前半部分(包括实验名称、实验目的、实验原理、实验仪器、实验内容),应在上实验课前写好,其余部分实验课后再接着完成。

实验课后应及时处理数据,完成报告并在规定的时间内交到相关实验室。实验报告要求清洁整齐,重点突出,语言简练,作图制表规范,字迹端正清晰。

附:预约方法及注意事项

在科技楼实验室内外的计算机上均可预约实验。

预约步骤:双击桌面“学生管理”图标→在弹出的对话框中填入学号、密码(默认值为“11”)点击“确定”→单击任务栏中的“学生管理”在下拉菜单中选择“预约登记”→在预约表窗口中选择周次再点击“预约”→顺次选择“实验名称”、“房间”、“星期”、“时间”→点击“保存”。

注意事项:

- (1) 输入学号时只输入后 8 位。
- (2) 进入系统后务必修改自己的密码,预约完成后务必关闭窗口,退出系统。
- (3) 记录自己预约的实验及上课时间、地点、仪器编号。

三、测量与不确定度

(一) 测量

1. 测量的定义

测量就是将待测物理量与选作计量标准的同类物理量进行比较,并得出其倍数的过程。倍数称为待测物理量的数值,选作的计量标准称为单位。因此,一个物理量的测量值应由数值和单位两部分组成,缺一不可。

2. 单位

按照中华人民共和国法定计量单位的规定,物理量单位均是以国际单位制(SI)为基础的,其中长度(米)、质量(千克)、时间(秒)、电流强度(安培)、热力学温标(开尔文)、物质的量(摩尔)和发光强度(坎德拉)是基本单位,其他物理量的单位可由这些基本单位导出,故称为导出单位。

3. 分类

测量可分为直接测量和间接测量。

直接测量: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。例如用米尺测长度、用温度计测量温度、用电压表测电压等都是直接测量,所得的物理量如长度、温度、电压等称为直接测量量。

间接测量:有些物理量无法进行直接测量,而需依据待测物理量与若干个直接测量量的函数关系求出,这样的测量就称为间接测量。大多数的物理量都是间接测量值。如用单摆法测重力加速度 g 时, T (周期)、 L (摆长)是直接测量量,而 g 就是间接测量量。

从测量条件上测量可分为等精度测量和不等精度测量。

等精度测量:在对某一物理量进行多次重复测量过程中,每次测量条件都相同的一系列测量称为等精度测量。例如:由同一个人在同一仪器上采用同样的测量方法对同一待测物理量进行多次测量,每次测量的可靠程度都相同,这些测量是等精度测量。

不等精度测量:在对某一物理量进行多次测量时,测量条件完全不同或部分不同,各测量结果的可靠程度自然也不同的一系列测量称为不等精度测量。例如:在对某一物理量进行多次测量时,选用的仪器不同,或测量方法不同,或测量人员不同等都属于不等精度测量。

一般来讲,在实验中,保持测量条件完全相同的多次测量是极其困难的。但当某一条件的变化对结果影响不大时,仍可视这种测量为等精度测量。等精度测量的数据处理比较容易,所以绝大多数实验都采用等精度测量。除非不得已,一般情况不采用不等精度测量。第一学期我们学习等精度测量的数据处理。

4. 学会正确的测量方法

(1) **熟悉仪器:**熟悉仪器的性能,掌握正确的使用方法和读数是每个实验人员必备的基本素质。例如:仪器的级别、量程、稳定性以及对环境的要求等等。

选择适当的测量仪器和测量方法:根据对实验测量精度的要求和测量范围,合理地选择仪器和方法。例如:长度、温度测量

长度测量精度要求	1 mm	0.02 mm	0.005 mm	0.000 1 mm	0.000 000 1 mm
仪 器	米 尺	卡 尺	千 分 尺	激 光 干 涉 仪	电 子 显 微 镜
温度测量范围(度)	<300	<600	>1 600		
仪 器	半导体或液体 温度计	热电偶	红外 高温计		

(2) 选择实验方法

在实验中不仅要了解仪器的级别、量程、稳定性等技术参数,而且还要学会采用正确的实验方法。

例如:已知一电路如图 0-1 所示。

$$E = 300 \text{ V}; R_1 = 50 \text{ k}\Omega;$$

$$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

用一电压表测量 A、B 两点的电压 V_{AB} , 假定电表的内阻为: $R_V = 100 \text{ k}\Omega$

在电表没有接入前,

$$R_{AB} = R_2 = 100 \text{ k}\Omega;$$

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{300}{50 + 100} = 2 \text{ (mA)};$$

$$V_{AB} = IR_2 = 2 \times 100 = 200 \text{ V}$$

接入电表后, $R_{AB} = \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = 50 \text{ (k}\Omega)$

$$I' = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{300}{50 + 50} = 2 \text{ (mA)}; V'_{AB} = IR_2 = 3 \times 50 = 150 \text{ (V)}$$

$$\Delta V_{AB} = 200 - 150 = 50 \text{ (V)}; \frac{\Delta V_{AB}}{V_{AB}} = \frac{50}{200} \times 100\% = 25\%$$

由此可见如果电表的内阻不变的话,无论使用级别多高的电压表,由测量方法引起的巨大的测量误差都不可避免。要减小上述测量方法引入的巨大误差,可采用补偿法进行测量,或改用内阻很大($R_V \geq 200 \text{ M}\Omega$)的数字电压表。

5. 测量的读数和记录

在进行测量时,正确的读数和记录是关键。对于不同仪器有多种读数方法,将在今后的实验中分别介绍。在此仅谈一般规则。

(1) 如实记录仪器上显示的数值,作为原始数据。对指针式仪表和有刻度盘或标尺的仪器,通常在直接测量时,要求估读一位(该位是有效数字的可疑位)。估读数一般取最小分度的 $1/10 \sim 1/2$ 。

(2) 若仪表的示值不是连续变化而是以最小步长跳跃变化的,如数字式显示仪表,则谈不上估读,只要记录全部数据即可。

(3) 需要指出的是有一些仪表,虽然也有指针和刻度盘,但指针跳动是以最小分格为单位的,例如最常用的钟表,有以秒为最小分度的时钟,也有以 $1/10$ 或 $1/100$ 秒为最小分度的秒表。因此,对此类仪表不需要估读。

(4) 对于各类带有游标(或角游标)的仪器装置,是依靠判断两个刻度中哪条线对齐来进行读数的,这时一般记下对齐线的数值,不必进行更细的估读。

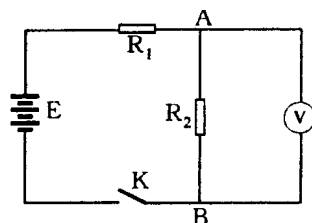


图 0-1 测量 AB 两点电压的电路

(二) 误差与不确定度的基本知识

1. 误差的基本知识

1) 误差的基本概念

(1) 误差公理:误差自始至终贯穿在一切科学实验之中。

(2) 误差的定义:测量误差 = 测量值 - 被测量的真值

(3) 真值:任何量在特定的条件下(时间、空间、状态)都有其客观的实际值。

由于“绝对真值”的不可知性,人们在长期的实践和科学研究中归纳出以下几种“相对真值”。

理论真值:理论设计值,公理值,理论公式计算值。

计量约定值:国际计量大会规定的各种基本单位值,基本常数。

标准器件值:标准器件相对低一级或二级的仪表,前者是后者的相对标准值。

算术平均值:指多次测量的平均结果,当测量次数趋于无穷时,算术平均值趋于真值。

2) 误差的分类

系统误差:在等精度测量条件下(即测量仪器、环境等条件和人员都相同),多次测量同一物理量,误差的符号和绝对值保持恒定;或按某一确定的规律变化。其特点:确定性、有规律性、可修正性。

根据其确定性的程度可分为已定系统误差和未定系统误差。

已定系统误差:误差的变化规律已确知的系统误差。

未定系统误差:误差的变化规律未确定的系统误差。即这种系统误差的函数公式还未确定,但一般情况下可以估计出这种误差的最大变化范围。

根据其规律性可分为定值系统误差、线性系统误差、周期系统误差和复杂规律系统误差。

定值系统误差:误差的绝对值和符号都保持不变的系统误差。

线性系统误差:误差按线性规律变化的系统误差。误差公式是一线性函数。

周期系统误差:误差按周期规律变化的系统误差。误差公式是周期函数。

复杂规律系统误差:误差按非线性、非周期的复杂规律变化的系统误差。误差公式是非线性函数。

由于系统误差的确定性和有规律性,使得已定系统误差、定值系统误差和线性系统误差等有规律的系统误差,可以通过理论的或实验的方法加以修正,减小系统误差对测量结果的影响。

随机误差:在等精度测量条件下,多次测量同一物理量时,误差的绝对值和符号及其变化,无确定性的非统计规律,但服从统计规律。其特点:随机性、服从统计规律。

根据其特点,可以用统计的方法减小误差的影响。

粗大误差:又简称粗差,主要有过失误差(即测量人员粗心或使用有缺陷的仪器所造成的误差);外部环境和测量条件的突变和干扰等造成异常值。粗差一经判明和确定其形成的原因,就应剔除,不得使用。

系统误差和随机误差并不存在绝对的界限,其产生的根源均来自测量方法、设备装置、人员素质和环境的不完善。在一定条件下,这两种误差可以相互转化。例如:按一定基本尺寸制造的量块,存在着制造误差,对某一具体量块而言,制造误差是一确定数值,可以认为是系统误差,但对一批量块而言,则制造误差属于随机误差。掌握了误差转化的特点,可以将系统误差

转化为随机误差,用统计处理方法减小误差的影响,或将随机误差转化为系统误差,用修正的方法减小其影响。

2. 不确定度的基本知识

1) 研究不确定度的意义

不确定度是计量学的基本内容之一(过去常被称为误差理论),在科学技术、工农业生产、国防工程、商业贸易、医疗、环保和技术监督等各个领域都有广泛和重要的应用。物理学被称之为“精确科学”,正是因为对自然规律的认识是通过量化了的测量数据之间的关系,可以用简明而严谨的数学公式表达出来。在不少情况下,由于测量方法和手段的创新或精度的提高,而形成了物理学领域的新突破。历史上不乏科学家精益求精,通过对实验不确定度的分析并不断改进实验做出重大发现的例子,比如科学家曾通过对氢原子量实验值不确定度的研究,认定有未知系统误差的存在,最终发现了氢的同位素氘和氚,并发明了质谱仪,所以研究对测量数据准确性或精确度的提高,以及对测量数据的有效利用,不仅对科学研究有着重大的意义,同时对我们物理实验教学也有着重要的意义。

现在我们按实验教学程序的三个阶段来看在物理实验教学过程中学习和应用不确定度的意义:

(1) 实验前:①对实验结果进行预测。通过对实验仪器、方法和环境等因素的分析,预测实验结果的可靠程度,确定实验是否有必要实施。②根据不确定度分析,选择实验仪器和方法。例如测量重力加速度,若要求测量不确定度小于1%,我们可以用最简单的单摆法,但若要求测量不确定度小于0.1%,如果仍采用单摆法,就必须注意到公式 $T = 2\pi(l/g)^{1/2}$ 的近似性,而考虑摆角的高次方项、摆线的质量以及线长在振动中的变化、空气阻力的影响等诸多因素。而这些因素是难以准确测量的,因此可考虑用物理摆或其他的方法来测量。

(2) 实验过程中:由已知的理论、实验规律和数据及实验经验等,分析测量结果的可靠性或真伪,及时检查测量方法或修正实验方案。

(3) 实验后:运用不确定度理论和数据处理方法,对实验结果的可靠性进行评判,若达不到设计要求或预期目标(精度),则应提出实验数据的修正意见或实验方法或装置的改进方案。

2) 不确定度的定义

1970年以来,国内外许多学者开始用“不确定度”取代“误差”来表征测量结果的质量。由于各国学者对不确定度的分类、计算与表示不统一,影响了国际间的交流和成果利用。1981年国际计量委员会(CIPM)第70次会议批准采纳《建议》INC-1(1980)以来,不确定度才被普遍推广应用。国际不确定度工作组经多年的研究,反复修改,1993年制定并发表《测量不确定度表达指南》,简称“指南”。“指南”得到国际计量局等七个国际专业组织的批准,由国际标准化组织(ISO)出版。“指南”是国际组织的重要权威文件。1996年,中国计量科学研究院以“指南”为依据制定了我国的《测量不确定度规范》。

测量不确定度:测量不确定度是与测量结果相联的参数,表征合理地赋予被测量值的分散性。

标准不确定度:用标准偏差表示的测量不确定度。标准不确定度记为 u 。

A类标准不确定度:由观测列统计分析评定的不确定度称之为A类标准不确定度,又称统计不确定度,记为: u_A 。

B类标准不确定度:由不同于观测列统计分析所作的不确定度称为B类标准不确定度,又称非统计不确定度。记为: u_B 。