

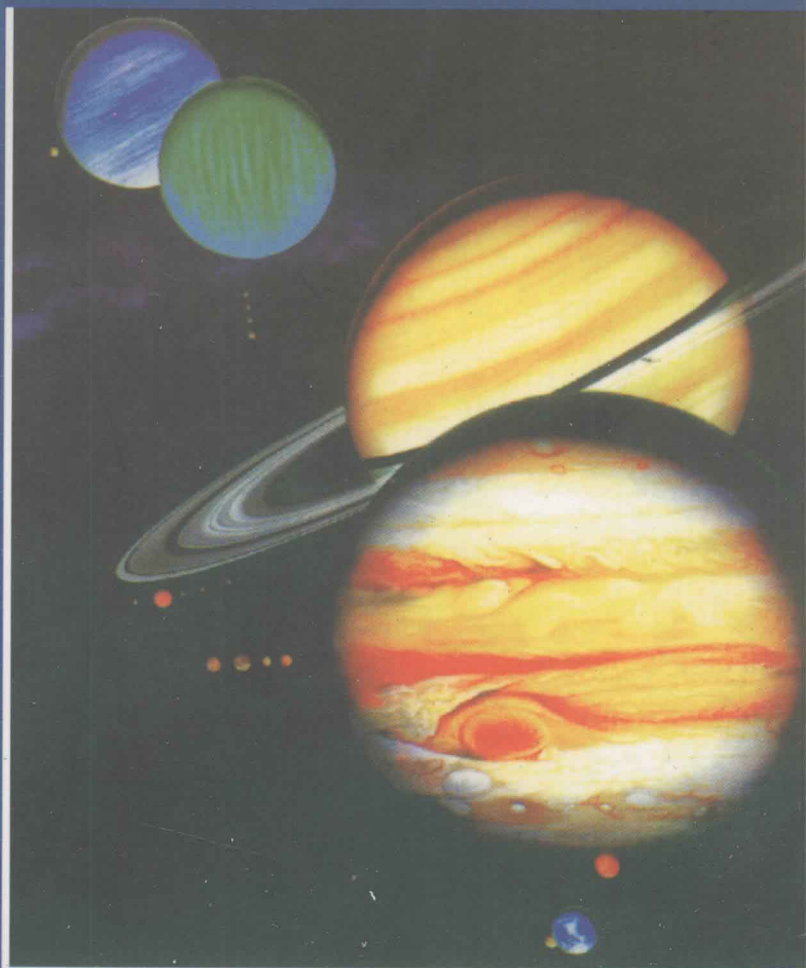
QUALITATIVE AND SEMI-QUANTITATIVE PHYSICS EXPERIMENTS

定性与半定量

物理实验

修订版

叶瑞英 主编



定性与半定量物理实验

(修订版)

主编 叶瑞英

编委 陈 桔 张志芳



四川大学出版社

责任编辑:韩 果
责任校对:贾朝辉
封面设计:罗 光
责任印制:杨丽贤

图书在版编目(CIP)数据

定性与半定量物理实验/叶瑞英主编. —成都:四川
大学出版社,2001.7

ISBN 7-5614-2087-0

I. 定... II. 叶... III. 物理-实验-高等学校-
教材 IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047186 号

书名 定性与半定量物理实验

作 者	叶瑞英 主编
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	11.75
字 数	269 千字
版 次	2001 年 8 月第 1 版
印 次	2005 年 8 月第 2 次印刷
印 数	3 001~5 000 册
定 价	17.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

版权所有◆侵权必究

◆网址:www.scupress.com.cn

序

人类已进入 21 世纪。科教兴国,人才是关键。高校培养人才应考虑时代的新需求。由四川大学叶瑞英主编的这本实验教材,适应了时代的需求,值得我国各类大学借鉴和采用。

21 世纪的中国需要什么样的人才? 1999 年 9 月 18 日“两弹一星”功勋奖章的颁发,给人们作出了最好的回答。察看“两弹一星”功臣们和华裔诺贝尔奖获得者李政道博士的培育历史,可以看出他们均师从清华大学物理系创建人叶企孙院士。这说明:培养人才是有规律可循的,更显示了叶企孙教育思想的可贵。

叶企孙教育思想的精髓之一,是对实验教育的高度重视。叶企孙先生在创建清华物理系时,仅他一位教授带领几名青年教师,在工作极为繁忙之中,却硬是挤出时间为中学编写了一本实验教科书《初等物理实验》,于 1929 年出版发行。他在序言中强调指出:“自然科学以实验为基础。学生在中学时期即应对于实验方面得一良好之初步训练。倘徒恃课本,则既不能引起学生对科学之兴趣,又不能使学生对于基本观念得一真切之了解,与其徒设此科,实不如暂缺之为愈。”

华裔诺贝尔奖获得者李政道博士在西南联大物理系读二年级时,其电磁学教授是叶企孙。叶企孙发现李政道课后自学的一本外国电磁学经典名著,内容深度远远高出大学教学,看出了这名学生的理论水平非凡,就对他说:“你可以免听我的讲课,这样可以提高效率,不致被面向一般水平学生的讲授内容拖后腿,但是实验课不能免,你必须认真学。如果实验不行,理论考试再好,也不能得高分。”叶企孙不仅以言语诱导学生,而且以实际行动教育他。我目前保管着一份 50 多年前李政道在西南联大读二年级时的电磁学试卷,共三页纸,是从叶企孙导师遗物中发现的。叶企孙把他批改的这份试卷珍藏起来,完好如初。三道试题仅有一点很小的疏忽,叶企孙在试卷上标明扣去 2 分,可是卷子背后叶企孙的打分却是 $58 + 25 = 83$ 。这是怎么回事呢? 原来叶企孙把三道试题的总给分降为 60 分,抽出 40 分来评李政道的电磁学实验,仅给 25 分,这一来李政道的考试分数就降为 83 分了。

了解上述历史之后,就可懂得叶企孙为何用各种方法教导李政道重视实验。李政道在纪念叶企孙先生诞辰百年大会上首次披露一件事:当初把大学二年级学生李政道破格推荐去美国读博士的学者是叶企孙而不是误传已久的吴大猷。再联系到叶企孙珍藏了李政道的电磁学试卷一事,足证叶企孙是一位“伯乐”式的名师。他明知李政道是位不可多得的理论物理奇才,将来不会从事实验工作,他之所以强迫李政道认真做实验是为了使这名学生通过实践认识理论与实验的关系,并对理论课讲授的“基本观念得一真切之了解”。哲学认识认为,感性认识是理性认识的基础,从这一点看,无论学生在理论思维上有多么大的天才,都必须认真做实验,从而获得扎实的真正的感性知识。所以叶企孙对李政道的这种教育,以当今流行的术语讲,就是对他进行最重要的素质教育。这一教育的效果如何? 可以从 1974 年 5 月 3 日毛泽东接见李政道时的一番对话看出。李政道说:“我们没有什么发明,就是通过实验得出结果,通过结果求得了解,又想能不能另外做一些新的实验来校正原来的想法,实验的结果又修改想法,反复不断地进行。从实验开始,引出理论,进行解释和猜想,又进行实

验。”(见龚育之著《自然辩证法在中国》。从这里可以看出李政道对理论思维的作用的深刻认识。他所以成为杰出的理论物理学家,并荣获诺贝尔物理奖,绝不是偶然的。由此联想到叶企孙为中学物理实验所写的教科书的序言,他认为中学若不开出物理实验课,就不要设只靠课本讲授的物理课。为什么呢?因为学生没有实验的感性认识,却自以为已懂得物理学了,就会自以为是,凭脑袋畅想办事,就会违反事物发展的规律,出乱子。大跃进年代,成千上万人奉行“人有多大胆,地就多大产。”给中国人民造成多么大的祸害。叶企孙的弟子们之所以成为“两弹一星”的主要功臣,很重要的一个原因是他们在叶企孙的这种素质教育下,懂得理论与实验的关系,懂得理论思维必须符合客观事物本身的规律。

1998年6月12日在上海敬业中学举行的纪念叶企孙诞辰百周年暨铜像揭幕大会,李政道在大会上回忆起叶企孙导师关于重视实验的教导时,感激说,恩师这一教导终生难忘!

1998年末,清华大学现任名誉副校长,年近九旬的张维院士与我一起参加赵九章院士诞辰90年暨铜像揭幕大会,会后返校途中,他感慨万千地对我说:“将才易求,帅才难觅。赵九章是位真正的帅才。而叶企孙先生却培养出王淦昌、赵九章、钱三强……等等一大批帅才。今天的清华,急需把叶企孙教育思想这个宝贵精神财产抢救出来以传世!”

形式与内容相比内容才是决定事物性质的。教育改革抓形式比较容易,如果教育思想不正确,则不可能培养出高水平人才。名师出高徒就在于此。

例如,20世纪90年代清华大学提出了一个奋斗目标,要在21世纪初争取达到世界一流大学。著名华裔学者、年近百岁的顾毓琇老先生,是老清华电机系创建人,兼任刚创建的清华工学院院长,1995年他闻知后写信给我:“为纪念历史,发展前途,进入21世纪,有恢复‘物理系’原名之必要,因此写了一信给王大中校长。尚祈物理系各位教授、同学及校友予以支持。”他给王大中的信中指出:“母校现设有‘现代应用物理系’,惟念科学之‘基础’较‘现代应用’更为重要,可否建议恢复‘物理系’原名以纪念梅、叶两位创始人。‘两弹一星’均有清华‘物理系’校友作主要贡献,因此,如何‘应用’乃在‘基础’科学之重视。此事与清华进入21世纪成为世界第一流大学有关。”

顾老是我国最高领导人非常敬重的老师,两次出国均专程探望。我就把这两封信送交中央了,终于清华大学在庆祝90周年之前恢复‘物理系’原名,有一系列的新迹象表明叶企孙创建老清华物理系之教育思想也在该系逐渐恢复。

在很长一段时期,我国高校的物理实验课只是对学生进行实验技术训练,目的是让学生掌握实验技能与方法,为后续的专业课程打好基础,至于验证理论的物理实验则放到讲大课中去,即归入物理演示范畴。半个世纪的实践告诉人们,上述这一教学思想在50年代的中国是适应社会发展需要的,有一定的积极意义,但随着全球科技的迅猛发展,它就日益变为消极。按照这种认识培养的大学生,只能变为知识狭窄没有科技创新能力的技术员。正如著名华裔物理学家任之恭在20世纪80年代初所指出的:“苏联的教育体制计划把一个学生培养成只适合一架大机器中的一个特定螺丝孔的一颗专门的螺丝钉。”在这里,物理实验课只需满足这种技术要求,因此成为专业课程的附属品。然而如今随着科技的飞速发展,这种教学就日益变为国家发展的绊脚石,五六十年代划分得很细的专业本身已逐渐在日新月异的世界市场经济的剧烈竞争中被淘汰了,消亡了。以专业对口培养出来的大学生到了毕业之后很可能找不到可以对得上口的工作岗位,那末,为专业对口而作附庸的物理教学又如何生存?

把大学物理教学定位成为专业服务的配角,是一种向后看的思想,它只考虑各专业从业人员已经使用习惯了的技术,专业课瞄准当时的这种技术需求而进行教学,可是待学生毕业走上岗位时,技术早已更新了。至于为专业服务的物理实验课则是在大学生刚入学时进行的,四年以后,市场经济的情况更发生大变化,在我们进入 21 世纪之后,必须考虑这个现实。因此,站高望远,物理教学必须摆脱这种向后看的思想体系,而应该向前看,要从物理学本身发展的规律和形势来安排教学方式、内容与方法。科技史告诉我们,物理学永远是新技术的源,物理上每一种新发现常常在几年后就转变为形形色色的新技术。因此物理教学与专业的关系应该颠倒过来,不是向后看,看看专业需要什么,为他作配角;而是向前看,以我为主,成为高校教学的火车头,牵引专业往前走,促使整个大学的科学和教学水平迅速提高。为了适应这个形势复旦大学出版社特邀我和熟悉清华校史的学者黄延复合作写了一本书《中国科技的基石——叶企孙和科学大师们》,从北大、清华百年来办大学的历史事实,阐述叶企孙教育思想,此书已于 2000 年出版发行,顾毓琇老先生函评为“此书可以传世”。现在我很高兴地看到,四川大学叶瑞英主编的这本教材符合叶企孙教育思想,全书注重研究新方法、新手段,尽力反映新信息、新技术,使学生疑而生趣、趣而解难,有思考寻味的余地,担当着对学生的一种特殊的用脑动手、智能与技能综合协作训练的使命!因此可以预估,它会促进当前高校物理教学的改革。

在大学各专业开设物理实验课,从而使学生通过实践建立正确的哲学认识论,防止学生日后堕入唯意志论的陷阱中。这两年来法轮功邪教迷惑了不少人,包括一些高职称的知识分子,他们学过不少科技知识,但是却在哲学认识论上迷失了方向,辨别不了科学的真伪。从这个角度看来,叶瑞英主编的这本实验教材大有适用价值,各种类型的大学的任何专业的学生都应该做做这些实验,通过这些实验的实践,获得唯物辩证法的认识论的感性知识,建立起科学的世界观,同时也获得当代科技新知识,跟上时代的发展。作为 21 世纪的大学生,不论从事什么样的工作,这两方面的素质都是绝对必需的。

虞 昊

2001 年 6 月写于清华园

前 言

物理学是以实验为基础的科学。物理规律的发现、物理概念的建立以及物理学的不断发展无不以科学实验为基础,即使最严谨的理论也必须通过实验的检验,才能得到证实公认。

北京大学著名物理学家赵凯华教授在他的专著《定性与半定量物理学》中指出:“当一位成熟的物理学家进行探索性的科学研究时,常常从定性和半定量的方法入手。他们通过定性思考,半定量的试验,力求先对问题的性质、面貌取得一个总体的估计和理解,否则,一下子陷入细微末节的探讨,往往会一叶障目,只见树木,不识树林”。从这里,我们看到了定性和半定量研究方法的作用和意义,我们必须有意识地培养学生定性和半定量的分析问题的能力,这就是我们编写本书的目的。定性与半定量物理实验具有以下特点:

1. 定性与半定量物理实验,是以观察和分析物理现象为主的实验,它与传统的普通物理实验不同,对培养学生的观察能力、分析能力和判断能力效果更显著,目的也更加明确。同时它也不同于传统的演示实验,它是由学生自己操作,自己在实验中通过探索获取知识和经验。

2. 定性与半定量物理实验由于省略了许多繁琐的测量,因此更容易突出实验的物理思想和物质运动的内涵。

3. 定性与半定量物理实验,要求和鼓励学生自己设计实验装置,改变实验条件再做实验,以学生强烈好奇心和求知欲望为契机,因势利导,这种创造能力的培养方式应该说是生动和高效率的。

4. 定性与半定量物理实验,能够节省大量的时间,使我们能够在一次实验中安排更多的实验项目,十个八个甚至更多都是可能的,使学生能够在有限的时间内获得更多的实践知识,接触更多的实验仪器,接受更多的训练。

本书是以四川大学叶瑞英主编的《现代物理技术》讲义为基础编写的,所选题目中注意加强了应用技术方面的内容和作者的部分科研成果,如光纤通讯技术、超导磁悬浮技术、电-光调制技术、声-光调制技术、磁-光调制技术、混沌实验、激光全息技术、微波技术、超声光栅和摄像技术等 43 个实验。其中有一部分实验已经采用计算机接口技术可以实时采集实验数据,实时观察实验现象的动态变化过程,有助于阐述实验的物理思想和定性与半定量研究方法,培养学生的实验能力,提高其科学素质。

定性与半定量物理实验,是融物理思想和实验技术于一体的一门实践性很强的课程,它涉及的知识面广,有很强的综合性与技术性。我们试图开设《定性与半定量物理实验》这门选课,探索一种扩大演示实验教学功能的途径,使基础物理的内涵向外延伸。近几年来,为了适应培养高质量跨世纪创新人才的需要,我们在基础物理课程体系、教学内容改革中作了有益的探索和实践,建立了以能力培养为主线的开放式教学研究,引进了定性与半定量研究方法,书中编入的 43 个实验选题都是四川大学物理教学中正在开设的。这些实验既可穿插在基础物理教学中作演示实验,也可以挑选其中某些实验作为一门实验选课开设。根据我

们多年来的教学实践,无论采用何种形式开设,都收到较好的教学效果,并受到学生的好评。编写中,我们力图使这本书不仅具有四川大学特色,能满足本校开设《定性与半定量物理实验》选课和开放实验教学的需要,而且也力图使它成为适用于其他各类型学校教学要求的好的实验教材或参考书。

本书由叶瑞英主编并撰写前言。叶瑞英编写实验 4,6,7,8,9,10,11,13,17,19,20,21,22,23,24,27,29,30,31,32,33,35,36,37,40,41,42,43;陈桔编写实验 12,14,15,16,18,25,28;张志芳编写实验 1,2,3,5,26,34,38,39,并负责部分插图的描绘。最后由叶瑞英负责统稿成书。

本书虽由以上同志执笔编写,但在一定意义上说,它是实验室建设的总结,凝聚着其他曾从事过物理演示实验室建设和教学的同志们的心血和劳动,仅以该书献给凡在这一工作中作出过贡献的同行。

本书在编写过程中得到清华大学著名物理学家虞昊教授的热情指导和帮助,并在百忙当中为本书作序,同时参考了许多兄弟院校的教材,甚至引用了某些内容,在此一并表示衷心感谢。

一本好的教材,形成于不断的砥砺之中,成型后仍需继续砥砺,现该书正式出版,是公开砥砺的开始,故恳请广大读者批评指正,以利提高。

叶瑞英

2001 年 5 月于四川大学

目 录

第一章 基础实验	(1)
实验 1 用气垫导轨定量研究滑块的直线运动	(1)
实验 2 碰撞及动量守恒	(5)
实验 3 霍尔效应演示及磁场的测定	(7)
实验 4 安培环路定律的验证	(12)
实验 5 光点反射磁致伸缩效应	(15)
实验 6 静电系列实验	(18)
实验 7 牛顿环实验	(23)
实验 8 光的衍射	(26)
实验 9 测定衍射光栅的光栅常数	(29)
实验 10 激光多普勒效应实验	(33)
第二章 近代物理与综合性实验	(36)
实验 11 摄像原理与摄像技术	(36)
实验 12 数字信号光纤传输技术	(52)
实验 13 激光全息照相技术	(58)
实验 14 空间滤波	(67)
实验 15 CO ₂ 激光器	(69)
实验 16 混沌现象	(73)
实验 17 高温超导磁悬浮技术	(75)
实验 18 模拟电冰箱制冷系数的测量	(81)
实验 19 偏振光分析计算机实时显示实验	(85)
实验 20 声、光、电转换实验——白光通讯	(88)
实验 21 晶体光电调制技术	(93)
实验 22 微波的单缝衍射和布拉格衍射	(97)
实验 23 电子衍射实验	(103)
实验 24 超声光栅	(106)
实验 25 激光机理实验	(111)
实验 26 机械振动与电信号傅立叶分析与合成	(116)
实验 27 法拉第效应(磁光效应)	(119)
实验 28 光电效应	(122)
第三章 开放设计性实验	(125)
实验 29 铁磁材料的磁化曲线和磁滞回线	(126)
实验 30 金属细丝直径的测量	(128)
实验 31 用分光计测反射光的偏振特性	(129)

实验 32	用分光计测量里德伯常数	(130)
实验 33	布朗运动实验	(133)
实验 34	滴水自激感应起电实验	(139)
实验 35	极化电荷与自由电荷之间区别的演示实验	(141)
实验 36	多缝夫琅和费动态衍射的计算机实时显示	(143)
实验 37	硬币的磁学实验	(146)
实验 38	波动实验组合	(149)
实验 39	海市蜃楼设计实验	(152)
实验 40	微小长度变化量的电测法	(154)
实验 41	静电设计组合实验	(157)
实验 42	温差电磁铁组合实验	(165)
实验 43	热效率组合实验	(168)
附录 I		(171)
附录 II		(174)

第一章 基础实验

实验 1 用气垫导轨定量研究滑块的直线运动

气垫技术可减少摩擦磨损,延长仪器寿命,提高机械效率,在机械、电子、纺织、运输等工业生产领域中已被广泛应用,如气垫船、空气轴承、气垫运输等。

在物理实验中,由于摩擦的存在,导致实验的误差很大,甚至使某些力学实验无法进行。采用气垫导轨装置,可使这一问题得以解决。试验件(滑块)在导轨上运动时,由于气垫的漂浮作用,滑块与导轨面实际上不发生任何直接作用,这就消除了运动时的摩擦阻力,从而可以对一些力学现象和过程作较精密的定量研究。

一、实验目的

1. 观察运动现象,测量物体的速度、加速度。
2. 学习在气垫导轨上定量测量物体直线运动的速度、加速度的方法。
3. 学习用一元线性回归法处理数据。

二、实验原理

(一)瞬时速度的测量

物体作直线运动时的平均速度为: $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

式中, Δx 是物体在 Δt 时间内所经过的位移。

时间间隔 Δt (或位移 Δx) 越小,平均速度就越接近于某点的实际速度。当取极限 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,就得到物体在某点的瞬时速度: $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。

在实验中,直接用上式测量某点的速度几乎是不可能的,因为 Δt 趋向零时(Δx 也趋向零),给测量带来困难。

本实验是在气垫导轨上进行的,物体(滑块)在导轨上运动时,摩擦阻力接近于零。

滑块上装有一定宽度的挡光片,当滑块经过光电门时,挡光片前沿挡光,计时仪开始计时;挡光片后沿挡光时,计时立即停止。计数器上显示两次挡光所间隔的时间 Δt 。 Δx 则是挡光片两片同侧边沿之间的宽度,如图 1-1 所示。由于 Δx 很小,相应的 Δt 也很小,故可将 Δx 与 Δt 的比值看做是滑块经过光电门所在点的瞬时速度。

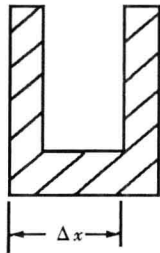


图 1-1 挡光片

(二) 加速度测量

当滑块在水平方向受一恒力作用时物体作匀加速直线运动,利用前面测速度的原理可知,滑块顺次通过两光电门的即时速度可由 $v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$ 和 $v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$ 而定,由运动公式 $v_2^2 - v_1^2 = 2aS$ 可知滑块的加速度 $a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2S}$ 。

使滑块获得加速度的方法有两种:一是给运动在水平气垫轨上的滑块加一个恒定外力,使之产生加速度;一是将气垫调成倾斜,使滑块在重力作用下产生加速度。不管用哪种方法测量加速度 a ,其关键都在于即时速度 v_1 和 v_2 的测量。

三、实验装置

1. 气垫导轨实验仪。
2. MUJ-II B 型电脑计数器。
3. 气源。

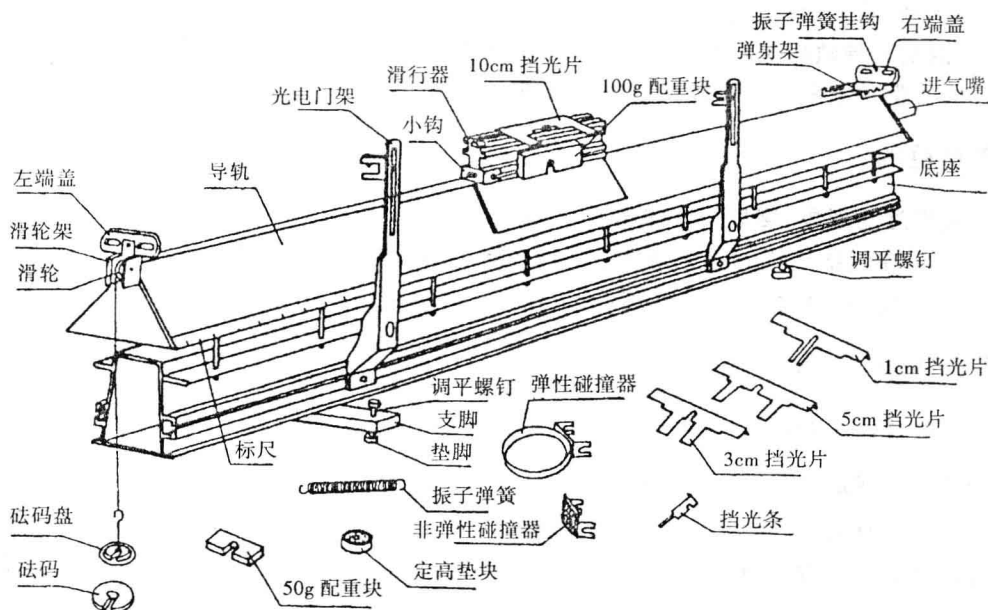


图 1-2 气垫导轨实验装置图

气垫导轨的结构如图 1-2 所示。

气垫导轨装置可分为三大部分:导轨、滑块和光电门。

导轨 导轨用硬铝合金做成,全长 1.5 m。轨道面上均匀分布着很多小气孔,当压缩空气从进气嘴喷入腔体后,就从小气孔喷出,托起滑块。通常导轨两端和滑块上装有缓冲弹簧,导轨下面装有水平调节螺丝,侧面装有标尺,在导轨的一端上还装有一个气滑轮。

滑块 滑块由角铁和角铅制成,其两侧表面和导轨面精确吻合。滑块两端可装缓冲弹簧,滑块上面可置挡光片和加重块。

光电门 光电门是一种光电转换装置,由光电二极管和小聚光灯泡组成。当小灯泡点亮时,正好照在光电管上。利用光电管上受光照和不受光照时的电位变化将挡光信号转换为电信号,控制数字毫秒计“计时”或“停止”,从而测出挡光时间。每台导轨配有两个光电门。

MUJ-II B 型电脑通用计数器的结构和使用见附录。

四、实验方法

1. 气垫导轨通气后,当滑块通过光电门时,观察通用计数器(毫秒档)中显示的时间。
2. 粗调导轨。把滑块静止放在导轨上,调节导轨的单脚螺钉,使滑块基本静止或稍微左右摆动,而无定向移动,则可认为导轨已调平。
3. 速度的测定。给滑块以微小的推力,使其与轨道端的弹簧相撞后反弹回来,通过光电门作往复无摩擦的匀速运动,测量通过光电门 P_1, P_2 的时间,共 5 次,并将测量结果填入下表。计算运动速度,判断导轨是否处于水平。

$$\Delta x = 5.0\text{cm}$$

测量次数	1		2		3		4		5	
时间(s)	Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2	Δt_1	Δt_2
速度(m/s)										

4. 加速度的测定。将气垫右端垫高,使气垫导轨倾斜,当滑块所受摩擦力可以忽略不计,滑块沿斜面作匀加速运动,可由运动学公式 $v_1^2 - v_0^2 = 2a(S_1 - S_0)$,得到所求的加速度

$$a = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2(S_1 - S_0)}$$

$$\text{实验时可设 } v_0 = 0, \text{ 所以 } a = \frac{v_1^2}{2(S_1 - S_0)}$$

式中, S_0 为滑块静止时的起点位置。在位置 S_1 处设置光电门,测出滑块经过位置 S_1 时的速率 v_1 ,即可求出加速度 a 。

[注意事项]

1. 气垫导轨表面不允许与其他东西相碰,滑块不能与其他东西撞击,更不允许掉在地上。
2. 实验结束后,不能把滑块久放在导轨上,以免导轨变形。实验完后应用布把导轨盖好。

五、复习题

1. 为了使滑块在导轨上作匀速运动,应怎样调节气垫导轨?
2. 测定瞬时速度的方法是怎样的?其依据是什么?必须保证哪些实验条件?
3. 能在气垫导轨上测重力加速度 g 吗?写出测量原理及计算公式。怎么测量可以消除气流阻力影响?

六、实验报告

1. 完成实验报告后,做复习题 3。

七、参考资料

[1] 何圣静等. 物理实验指南. 机械工业出版社,1989
[2] 赵家凤主编. 大学物理实验. 科学出版社,1999
[3] 邬铭新等. 基础物理实验. 北京航空航天大学出版社,1998

附录:MUJ- II B 型电脑通用计数器

本机以 51 系列单片微处理器为中央处理器,并编入与气垫导轨实验相适应的数据处理程序,备有多组实验的记忆存储功能。功能选择复位键输入指令;数值转换键设定所需数值;数据提取键提取记忆存储的实验数据; P_1, P_2 光电输入口采集数据信号,由中央处理器处理;LED 数码管显示各种测量结果。

各部位名称请参看前面板图和后面板图(图 1-3)。

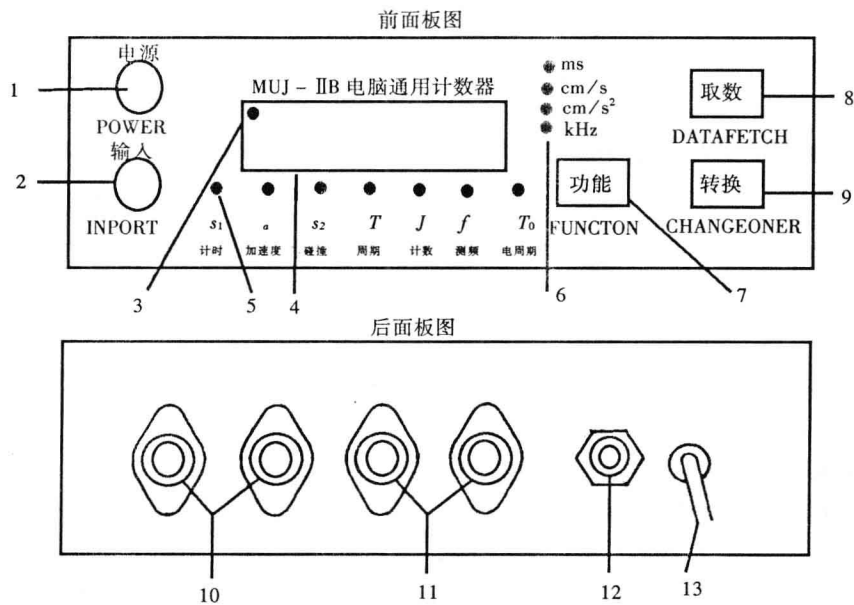


图 1-3 前、后面板图

1. 电源开关;2. 测频输入口;3. 溢出指示;4. LED 显示屏;5. 功能转换指示灯;
6. 测量单位指示灯;7. 功能选择键;8. 数值提取键;9. 数值转换键;
10. P_1 光电门插口;11. P_2 光电门插口;12. 电源保险;13. 电源线

仪器使用和操作要点

根据实验需要选择所需光电门数量,将光电门线插入 P_1, P_2 插口,按下电源开关,按功

能选择键,选择所需的功能。注意:当光电门没挡光时,依面板排列顺序,每按键一次,依次转换一种功能,发光管显示出对应的功能位置,如计时、加速度、碰撞……等七种功能。当光电门挡光后,按下功能选择键,则复位到零(例如重复测量),屏上显示“0”。

开机时,机内自动设定挡光片宽度为 1.0 cm,周期自动设定为 10 次。若需重新选择所需挡光片宽度,例如设定挡光片宽度为 5.0 cm,其操作方法是:用手指按住数值转换键不放,屏上将依次显示 1.0,3.0,5.0…当显示到 5.0 时,松开手指,挡光片宽度 5.0 cm,设定完毕。用功能键选择设定周期时,方法同上。

滑块在导轨上运动,若连续经过几个光电门,显示屏上则依次连续显示所测时间或速度。滑块停止运动,显示屏上重复显示各数据。若需提取某数据,手指按住数据提取键,待显示出所提数据时,松开手指即可记录。若按功能键选择复位,显示数据被清除。

实验 2 碰撞及动量守恒

碰撞在研究原子和分子物理以及核物理中,显得尤为重要。本实验是用气垫导轨技术对一维碰撞运动进行验证,用定性与半定量实验方法分别对碰撞的三种情况进行研究,讨论动量和能量的守恒问题。

一、实验目的

定性与半定量验证一维碰撞动量守恒定律。

二、实验原理

如果一个物体系受到的合外力等于零,则组成该物体系的各物体动量和保持不变。这一结论称为动量守恒定律。本实验是检验两个物体沿着一条直线运动发生碰撞时的动量守恒定律。两滑块的质量分别是 m_1 和 m_2 ,它们碰撞前的速度分别为 v_{10} 和 v_{20} ,碰后的速度分别为 v_1 和 v_2 ,根据动量守恒定律有

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (2-1)$$

如果让第二滑块处于静止状态,即 $v_{20} = 0$,则上式可以表示为

$$m_1 v_{10} = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (2-2)$$

在本实验中,我们利用(2-2)式验证动量守恒定律。检验的方法是分别测出碰撞前和碰撞后的速度,比较 $m_1 v_{10}$ 与 $m_1 v_1 + m_2 v_2$ 在实验误差范围内是否相等。

三、实验装置

1. 气垫导轨实验仪。
2. MUJ-II B 型电脑计数器。
3. 气源,物理天平。
4. 实验装置如图 1-2 所示。

四、实验方法

(一)定性实验

1. 调节导轨水平,使滑块能在轨道上作匀速直线运动。
2. 安装好光电门,让光电门指针间的距离在 50 cm 左右。
3. 使光电测速装置处于正常工作状态。
4. 设定挡光片宽度为 5.0 cm,功能设定在“碰撞”位置。

(1) 完全非弹性碰撞。在两滑块的相碰端安置有尼龙扣,观察两滑块碰撞后的运动变化情况。

(2) 完全弹性碰撞。在两滑块相碰端安装有缓冲弹簧。当滑块相碰撞时,由于缓冲弹簧发生弹性形变后要恢复原状,致使两滑块相碰后因弹性作用又很快地分开,观察它们相碰前后速度的变化关系。

(二)半定量测量

1. 重复前面调节步骤。
2. 称出 m_1 和 m_2 的质量。
3. 完全非弹性碰撞。在两滑块的相碰端安置尼龙扣,碰后两滑块粘结在一起运行,(2-2)式变为:

$$m_1 v_{10} = (m_1 + m_2) v \quad (2-3)$$

即碰前,将质量为 m_2 的滑块放在两个光电门中间让它静止($v_{20} = 0$),将另一质量为 m_1 的滑块放在气垫导轨一端,轻轻将它推向 m_2 滑块,记下 v_{10} 。相碰后它们粘在一起,记下碰后的速度 v_1 和 v_2 。(本应是同一速度 v ,但由于实验有误差造成有 v_1, v_2) 所以碰后速度 $v = \frac{(v_1 + v_2)}{2}$ 。如此反复进行 5 次测量,将测量数据填入下表。根据实验结果得出完全非弹性碰撞的实验结论。

$m_1 =$

$m_2 =$

$\Delta x = 5.0\text{cm}$

	碰前		碰撞后				验证结果
	v_{10}	$k_0 = m_1 v_{10}$	v_1	v_2	v	$k = (m_1 + m_2) v$	$\frac{ k - k_0 }{k_0} \times 100\%$
1							
2							
3							
4							
5							

4. 完全弹性碰撞。在两滑块相碰端安装缓冲弹簧,相碰后,由于弹簧发生弹性形变后恢复原状,致使两滑块分开,分别以不同的速度运动。同样,在碰撞前后系统的机械能近似保持不变,仍设 $v_{20} = 0$,则有 $m_1 v_{10} = m_1 v_1 + m_2 v_2$,将滑块 m_2 仍放在两光电门中间,使其静止

不动($v_{20} = 0$),推动滑块 m_1 从气轨左侧向右滑动,分别记下 v_{10}, v_1 和 v_2 ,如此反复进行 5 次测量,将实验数据填入下表。根据实验结果作出完全弹性碰撞的实验结论。

$m_1 =$			$m_2 =$			$\Delta x = 5.0\text{cm}$
	碰前		碰撞后			验证结果
	v_{10}	$k_0 = m_1 v_{10}$	v_1	v_2	$k = m_1 v_1 + m_2 v_2$	$\frac{ k - k_0 }{k_0} \times 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						

五、复习题

1. 为了验证动量守恒,在实验操作中如何保证实验条件,减少测量误差?
2. 如果碰撞后测得的动量总是小于碰撞前测得的动量,说明什么问题?
3. 从实验误差分析考虑,碰撞前两滑块的动量是同方向好还是反方向好?为什么?

六、实验报告

1. 简述所观察到的完全非弹性碰撞和完全弹性碰撞的现象。
2. 测量的数据列表处理,并用不确定度表示实验结果。
3. 根据实验结果作出验证结论。

七、参考资料

[1] 何圣静等. 物理实验指南. 机械工业出版社,1989
 [2] 梁华翰等. 大学物理实验. 上海交通大学出版社,1996
 [3] 邬铭新等. 基础物理实验. 北京航空航天大学出版社,1998
 [4] 李恩普. 物理实验. 1998,18(1):48

实验 3 霍尔效应演示及磁场的测定

霍尔效应是美国物理学家霍尔于 1879 年在研究载导体在磁场中受力性质时发现的。后来人们发现半导体、导体等也有这种效应,且半导体的霍尔效应比金属强得多。由半导体材料构成的霍尔片是一种重要的传感元件。本实验利用它来测量磁场。这是一种转换测量方