

中学物理实验研究

彭梦华 主编

中学物理教学系列丛书
丛书主编 隗功民

高等教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com



中学物理实验研究

彭梦华 主编

Zhongxue Wuli Shiyan Yanjiu

中学物理教学系列丛书
丛书主编 隗功民

高等教育出版社·北京

内容简介

本书为师范院校物理系教材教法课系列教材之一。作者总结了自己多年中学物理教学中的实验教学内容，针对物理实验涉及的实验器材、实验内容、实验与教学的结合，以及物理实验中的创新问题进行了比较深入的研究。本书中有大量的实验设计实例和物理教学中应用演示实验的案例，为学生学习物理实验教学的方法提供了参考。

本书可作为师范院校物理系学生的教材，也可作为中学物理教师物理教学的参考资料。教师可把书中介绍的实验方法应用于教学的实践中，以更好地完成教学工作。

图书在版编目(CIP)数据

中学物理实验研究/彭梦华主编. --北京：高等教育出版社，2016.5

ISBN 978-7-04-044967-9

Ⅰ.①中… Ⅱ.①彭… Ⅲ.①中学物理课-实验-教学研究-高等学校-教材 Ⅳ.①G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 035151 号

策划编辑	王 硕	责任编辑	缪可可	封面设计	张申申	版式设计	童 丹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	李大鹏	责任印制	耿 轩		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	大厂益利印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm × 1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	11.25		
字 数	280 千字	版 次	2016 年 5 月第 1 版
购书热线	010-58581118	印 次	2016 年 5 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	22.80 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 44967-00

丛书总序

自20世纪下半叶以来，世界范围内的科学教育改革浪潮不断涌现，各国都在研制和修订科学教育文件，引领本国的基础教育课程改革，以提高国民的科学素养，为科技进步和社会发展培养人才。但国内外的改革实践表明，计划的课程和实施的课程之间存在很大差异，虽然有众多因素影响课程实施，但其中最重要的决定性因素是教师。因此，许多国家向教师教育投入大量经费，各类师范院校也在改革教师教育的体制、内容和方式，以提高教师的专业水平和教育教学能力。

虽然教师的专业发展是一个长期的过程，但高等师范教育阶段是教师专业成长过程中的关键时期，物理教育专业课程的学习和实践奠定了物理教师终身发展的基础。首都师范大学为了解决目前普遍存在的师范教育和中学物理教学实践需求脱节的问题，针对物理师范生的需求设计了系列课程，聘请了北京市中学物理教学界名师，编写了《中学物理教材分析》《中学物理教学设计》《中学物理课堂教学》《中学物理实验研究》四本教材。教材中凝聚了物理名师们的丰富经验和学术精华，具有鲜明的实践特色。这些内容正是教育家舒尔曼在1986年所提出的“学科教学知识”的结晶，是从事中学物理教学实践最重要的知识，也是师范生最欠缺的。

本系列教材目标明确，指向解决中学物理教学的实践问题，为师范生职前教育和入职教学之间建立了桥梁。系列教材涵盖了教材分析、教学设计、教学技能及实验研究四个主题，抓住了中学物理教学实践的核心内容和师范生的薄弱环节，突出了物理教学的特色，体现了物理教师必备的核心素养，为中学物理教师专业发展奠定了基础，指明了未来的努力方向。

本系列教材内容丰富，除了荟萃诸多名师的自身实践和研究成果之外，还介绍了众多中学物理教学的优秀案例，有针对性地分析了一些在校师范生的典型习作，融生动性、实用性、深刻性和启发性于一体，符合师范生的认知特点和学习能力。不仅能帮助师范生、新教师跨越教育理论与教学实践之间的鸿沟，而且有助于在职教师的专业成长。

名师们长期工作在教学一线，积累了丰富的教学经验和研究成果，在此基础上亲自为师范生授课，编写讲义，历经五六年的教学实践，逐步完善为本系列教材，实属中学物理教师教育资源中的珍品。我长期从事物理教育研究和师范生的培养工作，深切体会到物理名师的言传身教对于师范生发展的重要价值。我国有大批的师范生，并非都有机会进入北京市物理名师的课堂。我相信本系列教材的出版对于培养优秀的中学物理教师，对于促进我国物理教育学科的发展均大有助益。

郭玉英

2015年11月于北京师范大学

前言

为了让大学毕业的师范生能够尽快地适应中学物理教学的需要，首都师范大学物理系在2008年开设了物理特色实验班。在特色班上我除了让学生跟我听课外，还给学生上中学物理实验教学的课程。

在课上我了解到学生们在中学阶段所观察到的物理演示实验和所做的物理学生实验是远远不够的，许多学校为了让学生应付高考而少做或者不做物理实验，使得学生们在中学阶段没有达到物理教学中对学生实验的目标要求。到了大学阶段，又不做中学时期的物理实验，这些未来的物理教师在物理实验上存在着严重的缺陷，如果不能在大学期间加以弥补，将会影响到学生的就业，影响到他们今后的工作。

要给学生补足实验，补什么呢？没有做过实验就不了解实验仪器，首先介绍中学物理的实验仪器。要认识仪器，理解仪器的原理，要在实验中正确地选择仪器和使用仪器。在中学物理实验教学的课上我用了一定的时间向学生们讲解中学实验中的物理仪器。由于受到课时的限制，只介绍了一部分实验仪器，这些仪器是中学阶段重要的实验仪器，也是在使用中容易出现错误的仪器。

要介绍中学物理中的重点实验，要补足对重点实验的认识和理解的不足，要让学生知道在实验中容易出现的错误，在授课中我用了一定的时间给学生讲解中学物理中的一部分学生实验，所介绍的内容是比较难做的学生实验。

作为一名物理教师，不能把自己的实验能力停留在学生实验的水平上。中学物理教师所做的演示实验是伴随着整个物理教学过程的，演示实验的数量是远远大于学生实验的数量的。一个物理教师要能够很好地驾驭物理课堂教学，做好演示实验是对每个物理教师的基本要求。正确地做好演示实验，把演示实验与物理教学很好地结合起来，是一个物理教师的基本功。多年来，我在物理演示实验方面进行了比较深入的研究，结合自己的教学体会，我用了较长的时间给学生介绍了我做演示实验的经验。在物理特色班的教学中还用了较长的时间，在如何把演示实验与教学结合起来的问题上列举了许多实例。

除了做课本上提供的演示实验，我在教学中还自己设计和制作许多的物理教具，在课堂中给学生演示，可以补充教学中物理实验的不足。许多教师都希望自己能够设计出新颖的演示实验，在课堂上给学生展示。我在几十年的物理教学中不断地设计和制作教具，所做的教具数以百计。通过增加大量的演示实验，也使我们学校的物理教学具有了自己的特色。这里把我们的成果介绍给特色班的学生，使学生们了解了实验创新的实例，也为他们将来在工作中自己设计实验、制作教具提供了思路。

从几届特色班的教学实践看，学生们对物理实验教学的内容还是非常感兴趣的，特别是在看了我们的自制教具后，有大开眼界的感觉。

说到物理教具的制作，我在物理教学中已经坚持了几十年的时间。自己有了一些想法就想试一试，找材料完成制作，有许多自制教具是有很好教学效果的。自己设计和制作教具的过程就

需要全本请访问 www.ertongbook.com

是一个创新的过程，也是一个对物理理论深入研究和加深理解的过程。近年来我制作的教具在我们学校所在的西城区进行了推广，许多学校都用我制作的教具完成物理教学工作。北京市的许多区都学习我们的经验，加强演示实验改进物理教学，取得了很好的效果。全国各地也有很多教师到我们学校，参观学习自制教具的成果。可以说，在书中展示的大量教具是我几十年心血的总结。

在自制教具的过程中，北京师范大学第二附属中学的领导给予了精神上和物质上的支持，物理组的全体教师对制作教具积极提出建议，并在教学中加以应用。石有龙老师还帮助制作了许多教具。在此对他们表示感谢！

还要感谢首都师范大学物理系的隗功民老师、郑鹉老师、任颖老师在物理特色班的创建和课程设计上所做的工作，感谢他们在此书的出版过程中所做的工作。

彭梦华

2015 年 12 月 5 日

目录

第一章 中学物理实验教学的地位及现状 …… 1
一、物理实验是物理学研究的基础 …… 1
二、物理实验教学是物理教学的重要手段 …… 1
三、物理实验教学的现状 …… 2

第二章 中学物理实验器材 …… 4
一、力学仪器 …… 4
二、电学仪器 …… 9

第三章 中学物理学生实验 …… 20
一、实验的分类 …… 20
二、通过实验让学生掌握的物理知识和培养的能力 …… 21
三、对一些学生实验的研究 …… 30
四、把演示实验改变成学生实验 …… 45

第四章 做好演示实验 …… 50
一、做好演示实验的重要性 …… 50
二、做好演示实验的原则 …… 51
三、演示实验在教学中的应用 …… 64

第五章 中学物理实验的创新 …… 122
一、用手边的材料完成实验 …… 122
二、用实验说明难以理解的物理问题 …… 131
三、设计全新的物理演示实验 …… 137
四、通过课外制作提高学生的动手能力 …… 152
附录:自制热气球 …… 157

第六章 做一个全面发展的物理教师 …… 160
一、不断学习提高教师的个人修养 …… 160
二、提高物理教学的艺术性 …… 163
三、把物理课教出物理的味道 …… 163
四、物理教师要把自己培养成实验的能手 …… 164

第一章

中学物理实验教学的地位及现状

物理是一门实验科学，物理学的发展离不开大量的物理实验。中学物理教学担负着教授物理知识、学习研究方法、培养学生的科学思维能力的任务。中学物理教学与物理实验是密不可分的，这就要求物理教师很好地理解中学物理中所涉及的每一个实验的目的、原理、操作程序、数据的记录和处理、结论。

作为一名物理教师，物理实验的能力是一项基本功。一个物理教师实验能力的高与低，直接影响了教师对物理知识的理解，影响了教师的教学水平。作为一名物理教师就要深刻认识物理实验在物理教学中的重要地位，深入研究物理实验，把实验应用到物理教学的过程中，发挥好实验在教学中的作用。

一、物理实验是物理学研究的基础

在中学物理课标教材中有着大量反映物理学发展过程的典型实验，如阿基米德的浮力实验、卡文迪许的测量引力常量的实验、奥斯特的电流产生磁场的实验、法拉第的电磁感应实验、赫兹的电磁波实验、杨氏双缝干涉实验、伦琴的 X 射线实验、卢瑟福的 α 粒子散射实验。从伽利略开始，物理学的研究开创了人为地控制实验条件，通过实验研究物理学的方法，把物理实验科学地、系统地应用于物理学的研究，通过实验来寻找物理学的规律、验证物理学规律的正确性，使物理学成为了一门独立的基础科学。

人们通过物理实验去发现规律，认识自然。作为一门基础学科，物理学的发展使人们认识到了自然规律，认识到了自然现象的本质。人们利用发现的规律去认识现象，寻找发生这些现象的原因。把物理规律应用于实践中去发展了与物理学密切相关的学科。把规律应用到军事、工业、农业、医疗、科研等方方面面，使我们的科学技术得到了飞跃式的发展，使人们的生活水平有了极大的提高。人们生活在现代化的社会中，所享受到的现代科技的成果都是跟物理学的发展密切相关的。

今天我们所看到和所享受到的一切，都离不开物理学的发展，都离不开物理实验。

二、物理实验教学是物理教学的重要手段

中学物理教学是伴随着实验教学进行的。通过实验展示物理现象，通过实验测量一些数据，通过实验寻找物理学的规律，通过实验验证相应的物理规律。

物理实验使我们的物理教学声情并茂，活跃课堂的教学气氛，让学生热爱物理、学好物理。物理实验让我们的学生学会了观察问题的方法，研究问题的方法，提高科学研究的能力，掌握科学研究的手段。物理实验提高了学生的实验动手能力，从而增强他们解决实际问题的愿望和能力。

物理实验可以生动形象地把物理现象、物理图景、物理过程展现在学生面前，可以让学生对

研究的问题有一个直观的认识,进而为物理学理论的研究打下良好基础。

三、物理实验教学的现状

物理实验在物理教学中的地位是非常重要的,又是不可替代的。但是,在近年来的物理教学中,物理实验的地位不断地受到削弱,使得我们的物理教学变成了习题教学。

前些年我们对某师范大学物理系刚入学的新生做了在中学所做物理实验的调查。结果表明,在108名学生中,按课标要求完成中学全部学生分组实验的只有50人,占被调查对象的46.3%;在此阶段完成课标中一半学生分组实验的人占40%;在此阶段完成不足四分之一学生分组实验的人占13%。对高考中要求的基本实验中,能够掌握原理、器材、步骤,能熟练完成操作,正确处理数据,顺利完成一半以上实验的学生只有28人,占被调查者的25.9%。其他的一些数据也不容乐观。

被调查的学生来自不同的学校,我们看一下各学校做演示实验的情况是,12%的学校除了课本上的实验外还设计制作一些补充的演示实验,73%的学校只做课本上的演示实验,11%的学校基本上不做演示实验。以通过物理实验发现新事物、探索新规律、了解前人的创作过程为目的的实验,17.6%的学校曾经探索实践过,82.4%的学校没有做过该类实验。以通过物理实验验证物理理论为目的实验,82.4%的学校做过,17.6%的学校没做过。以通过物理学习科学的创新方法、培养创新意识为目的的实验,15.1%的学校做过,84.9%的学校没有做过。

在高三复习中做实验操作复习的学校所占的比例较少,有一半的学校在高三总复习时不做实验,只做实验习题来准备高考。

应该看到,这些学生绝大多数来自全国各地的重点中学,这些学生都是喜欢物理的学生,所以他们考入了师范大学的物理系。我们可以想象,普通中学的实验课的开设情况会是怎样的呢?教育不发达地区的学校实验课的开设情况又会是怎样的呢?

近几年我在给师范院校上物理教学法的课程时做过调查,在中学阶段按照课程标准,在课堂上观察了教学演示实验和完成学生实验的学生,在二十几个人的一个教学班中只有不到一半的学生。在中学阶段看过教师在课堂上演示过自制教具实验的人数就少得可怜了。更让人不解的是,在几届的学生中每次做调查时都发现有一两个学生在中学阶段没有看过一个实验。这样的学生要学习物理学,这样的学生将来要当物理教师,想象他们的物理教学将会是什么样子呢?

我也听过一些公开课,有的级别还不低,如市级的、区级的公开课。听过布朗运动的公开课、听过电磁感应现象的公开课,在这些课上,教师居然一个实验都没有做就完成了教学工作。可以想象,这样的一节课在学生的头脑中会留下些什么东西呢?这样的课是物理课吗?

我还到过不同水平的学校去听课,在实验方面出现的问题是很多的。教师上课不做实验,所做的实验有明显的科学性错误,实验与课堂的教学内容关系不紧密,教师对实验的内容理解不正确,实验中有明显的操作错误,实验做的不成功等。

在近年来的一些各类考题中出现过很多怪异的题目,从这些题目中可以看出教师的实验水平是大打折扣的。下面我们看一些例子。

如图1-1所示,装有水的容器内有一个开口朝下的试管悬浮于水中,当温度保持不变时,沿容器壁缓慢加水,随着水面升高试管将_____(填写:上浮、下沉、悬浮)。

标准答案是下沉。出题者认为,倒入杯中的水会覆盖在水面,试管上面的水深了,试管口处

的压强加大了，把水压入试管，试管所受的浮力减小，所以试管会下沉。

我觉得这里有几个问题出题者没有弄清：(1) 试管的悬浮是一种不稳定平衡，在开放的杯中这个试管是平衡不住的。(2) 倒入的水是流到杯底还是停在水面？同学可以用一大烧杯清水和一小杯滴入红墨水的红水试一下。把小烧杯中的红水顺着大烧杯的内壁倒入清水中，红水会直接流到清水的最下面，而不是流到清水的上面。出现这样的问题是出题者没有做一下实验，所以这是一道没有答案的试题。

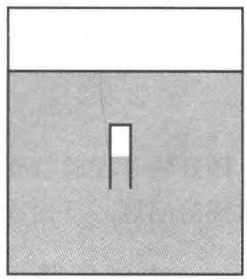


图 1-1

在各类考题中我们还能看到这样的问题，用一块指针式的欧姆表去测量一块表头的内电阻。在一个恒流源作为电源的电路中只是微小地改变一下负载电阻，就用普通电流表测电路中电流的变化。有一台直流电动机，研究它的启动问题，认为电路中的电流是不变的。在电路中只要有电感和白炽灯，就认为断开开关时灯就会闪亮。

出现以上的问题原因是多方面的。如教师本身就不愿意做实验，他们觉得做不做实验没有关系，关键要看学生上完了这节课会不会做相关的习题。准备实验要费时间、做实验也要耽误课上的时间，好像只有多做些题学生对物理知识的理解才能够更深刻。

相关部门对实验的重视程度也是不够的，有些领导看重的是学生的中考成绩与高考成绩，至于教师是怎样教学的，他们不太过问。学校的实验设备不足，许多实验没有器材或配套不合适。实验员也不愿意教师做实验，这样他们也会省很大的事。还有些学校的实验员是其他学科的教师，对物理知识了解得很少，也不懂物理实验，实验员就是一个看摊的人。

物理教师的实验水平普遍较低也是一个原因。过去有一句话说“物理教师”都是能工巧匠，确实在较早的年代是这样。在我刚工作的时候，学校里的许多事情都找物理教师来解决。谁家的小家电坏了都拿来让物理教师修理，谁家要买什么电器也要跟物理教师咨询。大部分物理教师对技术上的事了解得很透彻，物理教师就是一个电工、木工、水暖工、无线电修理工，甚至是一个泥瓦匠。当时物理教师的动手能力和联系实际的能力都是很强的。

现在的物理教师与当年的物理教师在实验水平和动手能力上不可同日而语。我也做过一些了解，我问过一些物理老师“你们家里的灯要是坏了你是不是自己换灯泡呢？”只有个别老师说“是的”。还有老师说，“我从来就没有换过灯泡，如果灯坏了我就找物业管理员帮助修理。”

我们现在的大部分物理教师是在应试教育的模式下培养出来的，他们在中学阶段就没有受到良好的物理实验的训练。现在物理教师的负担都很重，没有时间自己多做一些实验。而现在教师的继续教育又多以理论培训为主。这样就形成了现在的物理教师的状况，物理教学、物理实验是两个不同的东西，要把它们联系到一起是一件很难的事。

近年来相关部门对物理教学中实验教学不到位的现象很重视，采取了许多措施来改变这种局面，取得了一定的效果，如修改课程标准加强实验教学的内容，编写新教材增加新的实验，投入大量资金更新学校的教学设备，组织青年教师的实验培训，开展教师的实验技能比赛等。但是，离物理实验在教学中应起到的作用还是远远不够的，还需要更加重视物理实验教学，要做好这一切还需要经过多年的努力。

第二章

中学物理实验器材

做好物理实验就要掌握好中学物理实验所用的各种仪器的结构、原理、使用方法及实验中容易出现的问题。下面我们对中学物理中一部分仪器的原理及使用方法做一下介绍。

一、力学仪器

1. 刻度尺

刻度尺是中学物理实验中最常用的器材，如图 2-1 所示的是常用的毫米刻度尺。实验室中使用的刻度尺有 30 cm、60 cm 和 100 cm 几种规格，它们的最小刻度都为 1 mm。根据实验的需要可以选择不同规格的刻度尺。比如做研究平抛物体运动的实验使用 30 cm 长的刻度尺就够用了，测量打点计时器打出的纸带时需用 60 cm 长的刻度尺，如果做单摆实验就要用 100 cm 长的米尺。钢制刻度尺的一端就是零刻度线，使用时尺子的一端就要对准被测物的一个边，塑料尺的零刻度线不在尺子的端点。

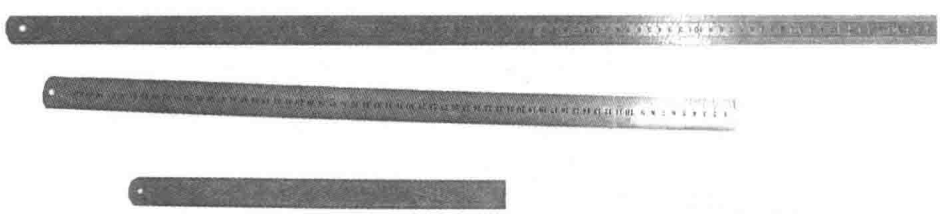


图 2-1

使用刻度尺时应该让尺紧贴被测物体，零刻度线应与测量的起点对齐，读数时视线与刻度面垂直。记录数据时要读到最小刻度的下一位，也就是 0.1 mm 位，在结果中的最后一位应该是估读的数字。学生在使用刻度尺时最容易出现的问题是记录数据不按要求去做，不记录到 0.1 mm 位。

我在教学中的体会是，在学生刚一接触刻度尺时就应该要求他们记录好数位，每次遇到使用刻度尺时都要提醒他们，即使这样，也有一些学生在高三毕业时还是不能自觉做到正确地读取和记录数据。

2. 游标卡尺

如图 2-2 所示的是一把游标卡尺。游标卡尺由主尺和游标尺两部分组成的，游标尺可以在主尺上滑动。在卡尺上有三对测脚，外测脚、内测脚和深度测脚，可以分别测量外径、内径和孔洞的深度。在主尺上有毫米刻度线，根据卡尺分度的不同，在游标尺上有不同的刻度方式。游标卡尺有 0.1 mm、0.05 mm、0.02 mm 三种分度方式。

游标卡尺是利用主尺与游标尺的分度的差值进行读数的。10 分度卡尺也叫做 0.1 mm 分度的卡尺，如图 2-3 所示，它的游标的分度是把 9 mm 等分成 10 份；游标尺上的最小刻度的长度是

需要全本请访问 www.ertongbook.com

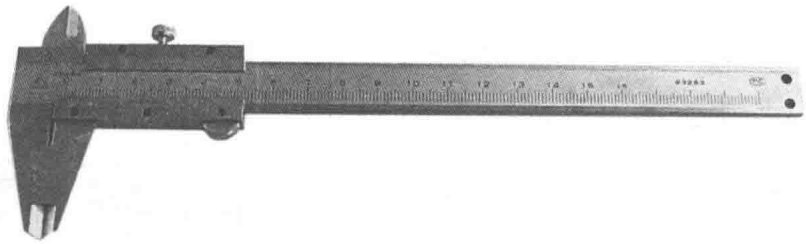


图 2-2

0.9 mm,与主尺的最小刻度 1 mm 长度的差为 0.1 mm。当两测脚合紧时,游标尺上零刻度线与主尺上的零刻度线对齐,游标尺上 1 刻度线与主尺上的 9 mm 刻度线对齐。如果游标尺在主尺上向右滑动 0.1 mm,这时游标尺上的 1 刻度线就与主尺上的 1 mm 刻度线对齐,这时的读数就为 0.1 mm。以此类推,游标刻度上的第几条刻度线与主尺上的毫米刻度线对齐,读数的 0.1 mm 位就是几。整毫米及其以上的数据,看游标刻度上的零刻度线所对位置以前的毫米位及其以上位的数值。

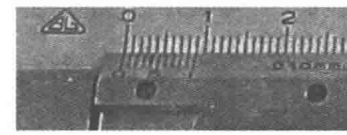


图 2-3

我们在理解了游标的分度原理以后,就不难掌握游标卡尺的读数方法了。需要说明的是,在实际使用的游标卡尺中没有 0.1 mm 分度的卡尺,0.1 分度的游标卡尺是专门为中学物理教学设计和制作的。另外还有一种 10 分度的游标卡尺是把 19 mm 等分成 10 份,这种卡尺游标的最小刻度为 1.9 mm,与主尺上 2 mm 的差为 0.1 mm。这样做的目的是使游标的刻度更宽一些,有利于使用者读数,其读数方法与前边的 10 分度卡尺是相同的。

20 分度卡尺也叫做 0.05 mm 分度的卡尺,如图 2-4 所示,它的游标尺的分度方法是把 19 mm 等分成 20 份,游标尺上的最小刻度是 0.95 mm,与主尺上的最小刻度 1 mm 的差为 0.05 mm。在使用这种游标尺读数时,看游标刻度上的第几条刻度线与主尺上的毫米刻度线对齐,毫米以下的读数就是几个 0.05 mm。整毫米位及其以上位的读数,看游标刻度上的零刻度线所对位置以前的毫米位及其以上位的数值。



图 2-4

如图 2-5 所示,常用的 20 分度的卡尺是把 39 mm 等分成 20 份,游标的最小刻度为 1.95 mm,与主尺的 2 mm 的差为 0.05 mm。读数方法与前边 20 分度的游标卡尺是相同的。

50 分度卡尺也叫做 0.02 mm 分度的卡尺(如图 2-6 所示),它的游标的分度方法是把 49 mm 等分成 50 份,游标尺的最小分度是 0.98 mm,与主尺的最小刻度 1 mm 的差为 0.02 mm,可以读数到 0.02 mm。在使用这种游标卡尺读数时,看游标刻度上的第几条刻度线与主尺上的毫米刻

度线对齐，毫米以下的读数就是几个 0.02 mm。整毫米及其以上的数据，看游标刻度上的零刻度线所对位置以前的毫米位及其以上位的数值。

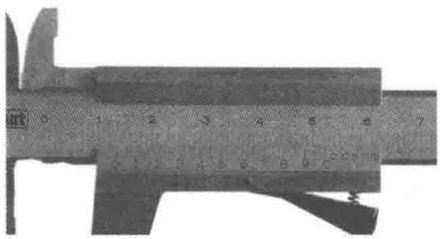


图 2-5

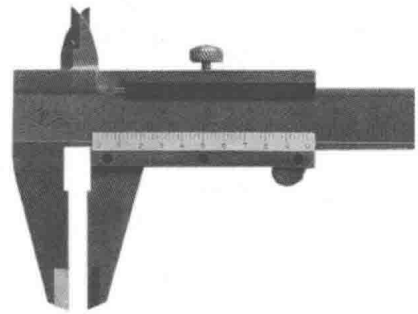


图 2-6

这时需要说明的是，我们在前边介绍三种卡尺的读数原理时，是从尺的分度原理上讲的，学生做的练习题都是用这种方式对游标进行分度的，每读一个数就要做一次计算，是很不方便的。大家可以看一下我们实际使用的 20 分度和 50 分度尺上游标的刻度方式就不是这样的，它上面标的 1、2、3、4 等数字指的是 0.1 mm 位的数。比如 20 分度的卡尺，在两个带数字的刻线中间的短刻线表示的是 0.05 mm；50 分度的卡尺在两个带数字的刻线间的四条短线分别表示 0.02 mm、0.04 mm、0.06 mm 和 0.08 mm。按照这种方式刻度，在使用卡尺读数时，根据游标上的哪一条线与主尺的毫米刻度线对齐，可以直接读出毫米以下位的测量结果，不需要再进行计算了。在卡尺内容的教学中教师还要针对这些差别给学生讲清楚。如果我们只是在书本上练一练有关卡尺的习题，学生根本没有做过卡尺的实验，其结果就是学生是只会答题，拿到真正的游标卡尺就不会使用了。

卡尺是一种常用的长度测量工具，学生应该理解它的原理，学会它的使用方法。随着科学技术的进步，电子卡尺也等到了广泛的应用，如图 2-7 所示就是电子卡尺的外观图，它的使用更方便。就卡尺的教学来说，不只是让学生学会读数，理解游标的分度原理是更重要的。

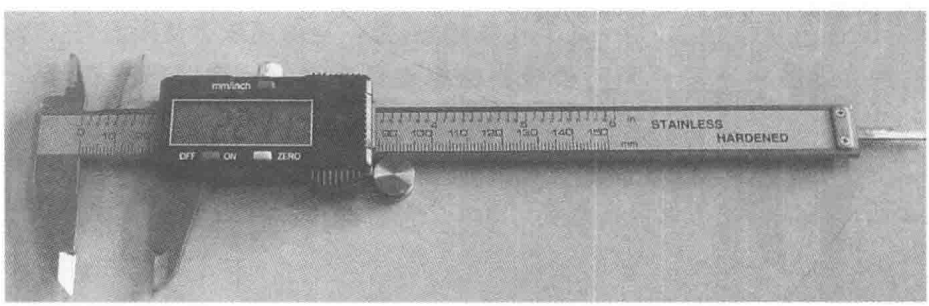


图 2-7

3. 螺旋测微器

螺旋测微器是在中学阶段使用的比较精密的长度测量工具，如图 2-8 所示，它由框架和固定刻度尺、可动刻度套筒和测量杆两大部分组成。这两部分间用 0.5 mm 螺距的精密螺丝连接。当测量杆和框架上的小砧靠紧时，可动刻度的左边缘与固定刻度上的零毫米刻度线对齐，同时可动刻度上的零刻度线与固定刻度上的中间直线对齐。固定刻度按 0.5 mm 分度刻在中间直线的上下，这是套

筒转一圈的距离。可动套筒的左边缘一周等分成 50 份，一份表示的长度为 0.01 mm。

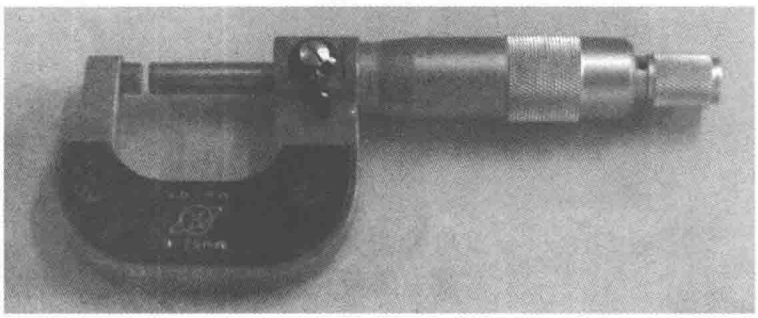


图 2-8

使用螺旋测微器对物体测量时，把被测物体放到测量杆和小砧之间。旋转套筒，当测量杆接近被测物时，就要使用套筒右端的微调旋钮进行旋转，当测杆压住被测物体时，微调旋钮中的棘轮就会发出声响，一般让它响 3 次后就可以进行读数了。这样做有两个目的，一是保证每次对物体测量时测量杆对物体的压力都相等，二是防止手旋套筒产生较大的压力，损坏被测物或螺旋测微器上的精密螺纹。

螺旋测微器测的读数方法是，先看带有可动刻度的套筒的左边缘所对的整毫米数和 0.5 毫米数，读出 0.5 mm 以上的长度值。再看固定刻度的中间直线所对的可动刻度的位置，读出 0.5 mm以下的长度值，把两个结果加起来就是长度测量的最后结果。可动刻度的最小刻度值为 0.01 mm，我们还可以再估读一位到 0.001 mm 位。要记住使用螺旋测微器读数一定要记录到 0.001 mm 位，如果刻度线是对齐的，也要补零到这一位。螺旋测微器可以把长度测量到千分之一毫米位，所以也叫做千分尺。

在实际使用千分尺时，整毫米刻度线和半毫米刻度线是否已经露出是一个较难判断的问题。我们看图 2-9 和图 2-10，在两张图中都能看到半毫米刻度线，图 2-9 中的半毫米刻度线就是没有露出的。这时看固定尺的中间直线所对的可动刻度的位置是 1.486 mm 位置，表示转动还没有达到 0.5 mm 的位置，记录数据时就不要加 0.5 mm。而图 2-10 中固定尺的中间直线所对的可动刻度的位置是 1.515 mm 位置，表示转动达到了 0.5 mm 的位置，记录数据时就要加 0.5 mm。

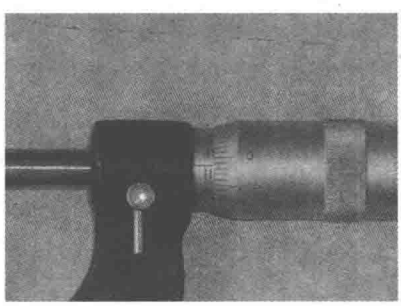


图 2-9

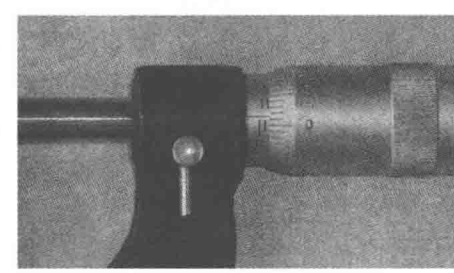


图 2-10

随着科学技术的进步，在长度测量工具中出现了电子千分尺，如图 2-11 所示，在学习完千分尺的使用后，可以让学生练习一下这种电子千分尺。学习千分尺的使用，重点是理解螺旋测微的原理，在许多精密仪器上都使用了螺旋测微的原理进行测量。



图 2-11

4. 打点计时器

打点计时器是一种计时工具,它通过打出时间间隔相等的点,把物体在相同时间内的运动距离的情况记录下来,从而可以研究物体做直线运动时的速度大小和加速度的大小。打点计时器有电磁式打点计时器和电火花打点计时器。

如图 2-12 所示的是电磁打点计时器,它由底板、电磁线圈、磁极、带打点针的振动片等几部分组成。底板上有接线柱和限位孔,纸带穿在限位孔中,在振动针和纸带间装有复写纸。

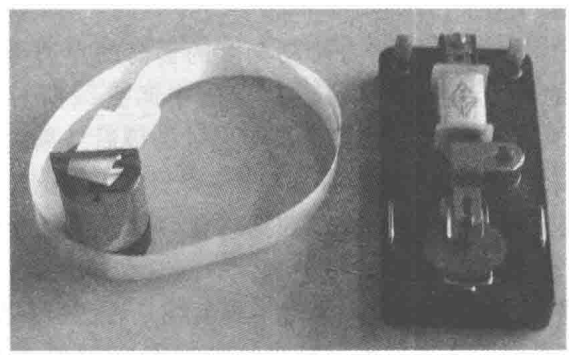


图 2-12

打点计时器在工作时,使用低压 6 V 的交流电源,电源的频率是 50 Hz,周期为 0.02 s。如图 2-13和图 2-14 所示的是打点计时器的工作原理图。当交流电处于正半周时,线圈中的电流方向如图 2-13 所示,线圈中的电流使得振动片磁化,振动片的右端为 S 极,受到永磁铁的磁场的作用受向上的力,使振动片的右端向上抬起。当交流电处于负半周时,线圈中的电流方向如图 2-14所示,线圈中的电流使得振动片磁化,振动片的右端为 N 极,受到永磁铁的磁场的作用受向下的力,使振动片的右端向下打。振动片的振动的周期就是交流电的周期,所以打点计时器的打点周期为 0.02 s。

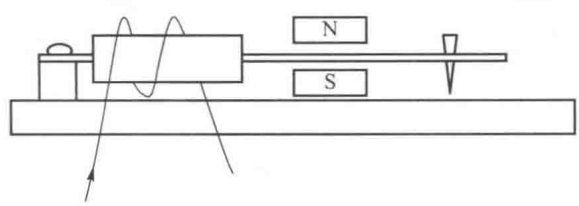


图 2-13

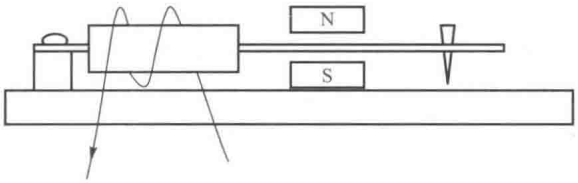


图 2-14

有时电磁式打点计时器打出的点不是很清晰，可以适当提高电源的电压到 8 V，还可以松开振动片的固定螺丝调整一下振动片的固有频率。

如图 2-15 所示的是火花式打点计时器，它是利用市电产生高压，在两个电极的缝隙处打出火花，通过碳素纸在纸带上留下墨点来记录物体运动的。电火花打点计时器的打点周期也是 0.02 s，使用时直接连接到 220 V 的市电上。

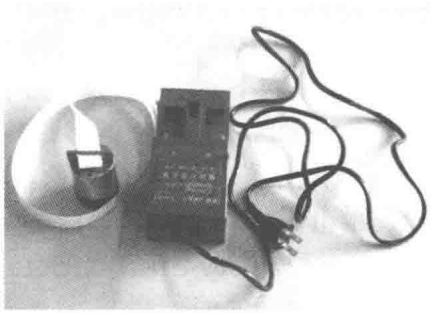


图 2-15

二、电学仪器

1. 电流表

在高中阶段使用的电流表有 3 种，一是常用的电流表，它有 0.6 A 和 3 A 两个量程，如图 2-16 所示。这是由一块小量程的磁电式电流表改装的直流电流表。电流表上有 3 个接线柱，黑色接线柱为负接线柱，也是公共接线柱。中间红接线柱为 0.6 A 量程的正接线柱，右端红接线柱为 3 A 量程的正接线柱。这种电流表能够满足中学阶段的大多数电流测量实验的需求。使用电流表时要注意的事项包括要把电流表串联在电路中，注意流经电流表的电流方向要正确，不要使流过电流表的电流超过表的量程等。



图 2-16

在这里还要补充说明一些问题。电流表两个量程的内电阻都在 1 Ω 以下，3 A 量程的内电阻更小一些，在使用电流表进行测量时，电路中串入电流表后对电路的影响是不大的。还要注意的是这样一个小电阻在加上高电压后会产生很大的电流，不小心就会出现烧表的现象。

在表盘的右下角写有 2.5，这是表的误差等级，它表示使用这块电流表进行测量时，电流表可能产生的最大误差是这一量程值的 2.5%。以 3 A 量程为例，3 A×2.5% = 0.075 A，在使用 3 A 量程进行电流测量时，无论测量值为多少，出现的最大误差小于 0.075 A，都是可能的。在测量时指针偏角越大，实际测量的相对误差就会越小，也就是说让指针的偏角大一些，测量的相对误差就会小一些。还有一个问题是 0.075 A 的误差值是最小刻度值 0.1 A 的 3/4，在读数时可以在最小刻度值的基础上进行估读，但是过细的估读是没有意义的。以此类推，0.6 A 量程的最小刻度值为 0.02 A，我们再把 0.02 A 分成十份进行估读就没有意义了，只能再一分为二，估读到 0.01 A 就可以了。

总结一下，使用电流表时，3 A 量程读到 0.01 A 位，0.6 A 量程也读到 0.01 A 位。

如图 2-17 所示，表针指在中央的小量程电流表叫做灵敏检流计，一般用来检测电流的有无或电流的方向，常见的有±30 μA 量程的灵敏检流计和±300 μA 量程的灵敏检流计。在观察电磁感应现象时，电路中的电流很小，就要使用到检流计。

当电流从检流计的正接线柱流入、从检流计负接线柱流出检流计时，指针向右偏转；当电流从检流计的负接线柱流入、从检流计正接线柱流出检流计时，指针向左偏转。以此我们可以把检流接在电路中，确定电路中较小电流的方向。

检流计上有 3 个接线柱，黑接线柱是电流流出端，负接线柱。需要说明的是，把中间红接线柱“G_0”与“-”两个接线柱接入电路中，表的量程为±30 μA。把右边红接线柱“G_1”与“-”两个接线柱接入电路中，表的量程仍为±30 μA。在表的两个红接线柱间接入了一个 2 kΩ 的电阻，在测量中起保护作用。两种接法表的电流量程没有改变，这是因为原来电流表的内阻较小，通过±30 μA的电流时，表两端所加的电压较低；串联上 2 kΩ 的电阻后，再次通过±30 μA 的电流时，表的两端要加较高的电压。当把检流计初次接入电路时，可以使用“-”和“G_1”接线柱，测量电路中的电流的大小和方向。如果看到表针的摆角较小，可以换用“-”和“G_0”接线柱，这时表针的摆角可以更大一些。

在做研究电磁感应现象实验的学生会用到检流计。学生做一些课外实验时，也会用到灵敏检流计，如电桥实验、补偿法实验等。

如图 2-18 所示，量程较小没有经过改装的电流表，常常叫做表头。利用表头可以改装成电流表、电压表、欧姆表。表头的量程应该在微安数量级，超过 1 mA 的电流表用来改装其他电表是不适宜的。

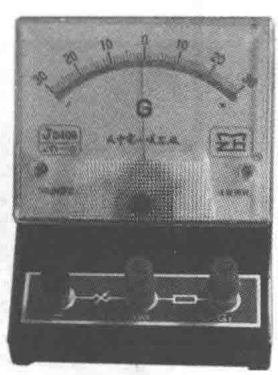


图 2-17

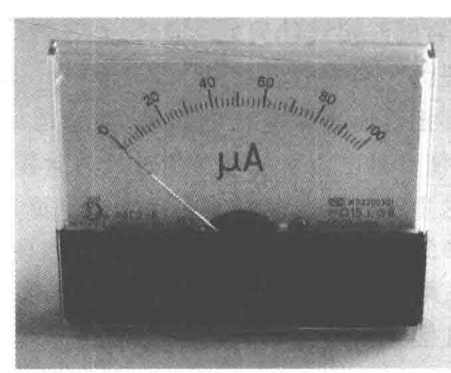


图 2-18

电流表有两个重要的参量：满偏电流 I_g 和内电阻 R_g。在改装表以前我们要知道表头的两个参量，I_g 在表盘上就可以看到就是它的量程，R_g 要经过测量。在把电流表改装成大量程的电流表、电压表、欧姆表以后，要对表盘进行重新刻度。

2. 电压表

中学常用的电压表如图 2-19 所示，它有两个量程，3 V 量程和 15 V 量程，能够满足中学大多数实验的电压测量要求。使用电压表时，把电压表并联在被测电路的两端，根据测量值的大小选用 3 V 量程或 15 V 量程。如果被测量值小于 3 V 就可以用 3 V 量程，如果被测量值大于 3 V

需要全本请访问 www.ertongbook.com