



初中物理教师 实验技能训练

(初中物理教学法·下册)

刘炳昇 魏日升 主编



高等教育出版社

33.7

AODENG JIAOYU CHUBANSHE

初中物理教师 实验技能训练

(初中物理教学法·下册)

刘炳昇 魏日升 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是高等学校理科物理教材编审委员会中学物理教材教法编审小组组织编写的,全书包含基础知识和专题实验两大部分,并附有部分实验思考题提示或答案。作者收集整理近年来国内外的有关资料及各方面(包括编者)的宝贵经验,材料丰富,叙述简明,重视规范化操作训练,突出启发性和创造性,注意因陋就简,土洋结合,对于培养提高初中教师物理实验能力是一本很有新意的好书,内容符合国家教委最新颁布的《中学教师进修高等师范专科物理教育专业教学大纲》的要求。

本书是师专及培训中学师资(电视卫星教育、教育学院、函授、自学通用)适用的《初中物理教学法》教材的下册。教材上册《初中物理教学通论》为阎金铎,田世昆主编,雷树人主审;中册为《初中物理教材分析与研究》,张同恂主编,娄溥仁主审。这套教材除中册由人民教育出版社出版外。上、下册由高等教育出版社出版。上、中、下三册相互配套使用,也可供广大初中物理教师学习参考。

本书由刘炳昇、魏日升主编,林桐绰主审,卢崇烈、黄静文、孙乐成、何九如、马叶参加了编写工作。

责任编辑:邹廷肃

图书在版编目(CIP)数据

初中物理教学法 下-册:初中物理教师实验技能训练/
刘炳昇,魏日升主编.-北京:高等教育出版社,1997重
印

ISBN 7-04-002033-5

I. 初… II. ①刘… ②魏… III. 物理课-初中-教学法
IV. G633.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 24212 号

*

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
河北省香河县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 5.625 字数 140 000

1989年3月第1版 1997年7月第12次印刷

印数 90 826—99 315

定价 6.20 元

绪 论

在《初中物理教学法》上册《初中物理教学通论》一书中，我们已经讨论了实验教学的意义及基本要求。大家知道，中学物理教学必须以实验为基础，加强实验不仅是向学生传授知识的需要，而且是培养学生能力和良好品德素质、促进科学世界观形成的需要。离开了物理实验，物理教学的目的和任务是难以完成的。

近几年来，在物理教学改革中，越来越多的教师认识到物理实验教学的重要意义，并努力提高实验教学质量。然而，就整体而言，实验教学仍然是十分薄弱的环节。要改变这种状况，必须从端正教学思想、提高实验在整个物理教学中的地位，加强实验室的物资建设和提高教师的实验教学素质等方面去努力。

作为一个初中物理教师，应该具备一定的实验教学素质，它主要包括两个方面：一是物理实验技能方面的素质；二是实验教学方面的素质，二者缺一不可。

进行物理实验所必须的技能主要有以下几个方面：

1. 实验操作技能：如认识、选择和正确使用基本仪器；在理解实验方案的基础上编制实验步骤，按规范要求进行实验操作；排除实验中的常见故障等技能。

2. 处理数据、完成实验报告的技能：如设计记录表格、正确观察读数、进行数据处理、分析实验误差和设计实验报告的技能。

3. 研究、改进实验和自制教具、学具的初步技能：如能以物理学的原理、思想和方法为指导，结合实际进行初步的实验设计，掌握必要的初级实验技术（金工、玻璃工、照相、投影、焊接、胶合的初级技术），能制作符合教学需要的教具和学具等。

实验教学方面的素质主要包括以下几个方面：

1. 能根据教学要求，确定实验目的，选择合适的实验内容和实验教学形式。

2. 在演示实验中能配合课堂讲授、引导学生观察、思考。

3. 能在学生分组实验的预习、实验、完成实验报告三个环节中，进行恰当的组织引导工作；善于对学生进行实验技能训练并不断总结经验。

4. 能组织好“边教边实验”的教学活动。

5. 能组织引导学生开展生动多样的课外实验活动。

6. 为提高教学质量能设计或改进某些演示实验或学生实验。

为了帮助各地初中物理教师提高上述实验和教学两方面的基本素质，加强实验教学技能训练，我们这本教材中首先简要地介绍了初中物理实验教学技能的基础知识，在此基础上，安排十三组实验专题，供大家进行实验基本技能的训练；同时，对初中物理教学中的重点和难度较大的演示实验、学生实验作了分析研究；此外还介绍了一些设计和自制教具的方法，并对部分实验思考题给出提示和答案。我们希望通过这些专题的训练，不只能使读者了解一些中学实验的常用仪器和使用方法，更重要的是使读者提高中学物理实验教学的能力，为进行初中物理实验教学改革、提高实验教学质量打下坚实的基础。

第一篇 基本知识

初中物理教师要完成实验教学任务必须具备一定的实验技能。这种技能决不是一种单纯的动手技能,而是一种综合的技能,是理论与实践密切结合的技能。因此为进行这种技能训练,必须掌握一定的基本知识。

§ 1 怎样认识物理实验仪器

对仪器有个正确认识,是用好仪器、做好实验的前提。要想较深刻地认识实验仪器,应先从了解仪器的基础知识着手,具备了一定的基础知识,就可以认识和掌握实验仪器。现从以下三个方面来讨论。

一、常用量具仪表的精密度、准确度和精度

1. 关于量具仪表的精密度

量具仪表的精密度,一般是指量具仪表的最小分度值。如米尺的最小分度为1 mm,其精密度就为1 mm;水银温度计的最小分度为 $(1/5)^{\circ}\text{C}$,其精密度就为 0.2°C ……。在相同条件下的多次测量中,由于测量者的生理、心理和其他原因,每次测得值的误差大小具有偶然性,一般是在精密度的 $\pm 1/2$ 范围内。因此,在单次测量中的最大绝对误差可以认为是精密度的 $\pm 1/2$ 。可见仪表的精密度是决定测量随机误差的主要因素之一^①。同类量具对同一对象的测量,量具的精密度越高,测得的有效数字的位数就越多。如用毫米刻度尺测得某物体的长度为 $2.38 \pm 0.01 \text{ cm}$ (三位有效数

^① 关于误差和有效数字的知识参见本篇附录。

字),用螺旋测微器测得 $2.3825 \pm 0.0001 \text{ cm}$ (五位有效数字)等。

2. 关于量具仪表的准确度

量具仪表的准确度是指其在规定的使用条件下工作时的基本误差(额定最大相对误差)。现以电表为例来说明。电表的准确度根据我国国家标准 GB 776—76 的电气测量指示仪表通用技术条例的规定,如表 1 所示。

表 1

仪表的准确度	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差%	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

其意义是,当仪表的量程为 x_m 时,其最大绝对误差为 Δx_{\max} , 额定最大相对误差(基本误差%)为:

$$\delta x_{\max} = \frac{\Delta x_{\max}}{x_m} \times 100\% = K\% \quad (K \text{ 为仪表的级别数}) \quad (1.1)$$

显然,仪表的准确度是反映系统误差的大小。电表类仪表的读数一般比较精确,在使用中随机误差可以略去,只按电表的准确度级别来确定误差即可。

如初中常用电流表量程为 0.6 A , 级别为 2.5, 表盘最小分度为 0.02 A , 其最大绝对误差($\Delta x_{\max} = K\% \times x_m$)

$$\Delta I = \pm K\% \times I_m = \pm 0.025 \times 0.6 \text{ A} = \pm 0.015 \text{ A}$$

当取两位有效数字时,则 $\Delta I = \pm 0.02 \text{ A}$

例如测得 $I = 0.54 \pm 0.02 \text{ A}$ (两位有效数字)。

那么,在实际测量中要不要象使用米尺一样也估读出表盘度上的一位数?一般说只要读出最小分度的一半就可以了。因为电表在制造中规定最小分度为电表最大额定绝对误差的 1.5—2 倍。若电表的准确度为 2.5 级,量程为 3 A , 其最大绝对误差 $\Delta I = 3 \times 2.5\% = 0.075 \text{ A}$, 最小分度为 0.1 A 。因而测量时一般读出

最小分度的一半即 0.05 A 就符合要求。若电表的最小分度为 0.2、0.5、0.6 个单位，则为得到以 0.1 为单位的值应估读到最小分度的 1/2、1/5、1/6。例如电表的准确度级别为 2.5，量程为 15 V，最大绝对误差 $\Delta V = 15 \text{ V} \times 2.5\% = 0.375 \text{ V}$ ，最小分度为 0.5 V，即应估读出 0.1、0.2、0.3 V 等值。

可见，在使用上述有准确度级别的电表时，其最大绝对误差 Δx_{\max} 可以按级别及公式(1.1)求出，是一确定值。欲使相对误差 δx 减小，其测量值要尽量接近仪表的量程 x_m ，一般不要小于量程的 $\frac{2}{3}$ ，这样可使仪表的准确度和测量的准确度要求趋于一致。

3. 关于量具仪表的精度

量具仪表中的精度是个泛指名词。它既包含着精密度，也包含着准确度。即当量具仪表的系统误差起主导作用而随机误差可以略去时，精度就主要代表准确度。如电表、停表、信号发生器、万用表、示波器等；当量具和仪表的随机误差起主导作用而系统误差可以略去不计时，精度就主要代表精密度。如米尺、游标卡尺、量筒、水银温度计、福廷式气压计等。

但也有一些量具仪表的精度既与精密度和准确度有关，又不同于这两个概念。天平即为一例。天平的精度级别是以其感量跟称量之比来定义的。天平的精度级别共分十级(表 2)。

表 2

精度级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
感量/称量	1×10^{-7}	2×10^{-7}	5×10^{-7}	1×10^{-6}	2×10^{-6}	5×10^{-6}	1×10^{-5}	2×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}

中学常用的十级天平就是感量为 100 mg、50 mg、20 mg，称量为 1000 g、500 g、200 g 的物理天平。

中学也有感量为 1 mg、称量为 200 g 的六级分析天平 和感量

为 0.1 mg、称量为 100 g 的四级分析天平。

天平的精度级别除上述定义外,它还受砝码精度等级的制约,即天平的级别越高,对砝码的精度要求也高,对其它参数的要求标准也高。

至于托盘天平(受皿天平),因灵敏度差、精度低,故不在此列。

二、教学仪器的型号和仪器上常见的符号

1. 教学仪器的型号

表 3

大 类 号	名 称	小 类 号	名 称
0	计量仪器	0 0	长 度
		0 1	质 量
		0 2	时 间
		0 3	温 度
		0 4	电
1	通用仪器	1 0	一 般
		1 1	支 架
		1 2	电 源
2	专用仪器	2 0	数 学
		2 1	力 学
		2 2	声学与热学
		2 3	静电与电流
		2 4	电磁与电子
		2 5	光学与原子物理
3	模 型		
4	标 本		
5	挂 图	5 1	物 理
6	玻璃仪器		
7	药 品		
8	工具和材料	8 0	演示实验材料
		8 1	分组实验材料
		8 2	工 具

国家教委为促进我国教学仪器的标准化、通用化和系列化,制定并颁发了我国中学教学仪器的技术标准。教学仪器的技术标准取汉语拼音的“教”“仪”的两个字头“J”“Y”打头,如 JY 104—82,其意为 1982 年教育部所颁布的教学仪器 104 号标准。查阅这个标准的名称是“学生天平附砝码”。

现在我国教学仪器分为九大类,每类又分若干小类。如表 3 (只列出物理部分):

仪器编号由四个阿拉伯数字组成。第一个数字是大类号;第一个数字加上第二个数字是小类号;第三、四数字是仪器在同一小类中的序号。如低压电源 1201,“1”指通用仪器;“12”表示电源;“01”为电源系列的 1 号。

凡国家教委已颁布技术标准的教学仪器,都有型号和定型样机。由国家教委命名的型号前加有“J”字。如 J 2122 为滑轮组;J 2354 为滑动变阻器。

如果两种同类产品的性能均能满足国家教委的技术要求,但在结构上各有特色,便将其中的一种命名为 J××××-1 型。如 J 1202-1 型是学生电源改进后的新产品,就是将 J 1202 型学生电源的钮子开关改为刷形开关,并改进了性能和指标。

2. 仪器上的常用符号

(1) 常见电表表面上的符号见表 4

(2) 常见仪器上的标记:

游标卡尺: 0.05、0.02 mm; 0—125、0—150 mm。前两项为精密度;后两项为量程。

天平: 20 mg、50 mg; 200 g、500 g。前两项为感量;后两项为称量。

滑动变阻器: 0—10 Ω 、0—2000 Ω ; 2 A、0.3 A。前两项为电阻的调节范围;后两项为允许通过的最大电流。

电阻箱: 0—9999 Ω 、1 Ω 、“1.5”、 $\leq 0.05 \Omega$ 。分别表示阻值变

表 4

符号类别	符 号 意 义							
仪表系列	Ⓐ	Ⓜ	Ⓝ	Ⓢ	Ⓣ	Ⓤ	Ⓨ	
	磁电式	电磁式	电动式	感应式	静电式	热线式		
电流种类	—		~		≈		≈	
	直流电		交流电		交直流两用		三相交流电	
工作位置	→(∟)		↑(⊥)		∠60°		↗	
	水平		竖 直		与水平方向成 60°角		箭头顺地磁场方向	
接线端钮	+	-	*	DC	AC	Ⓣ	Ⓤ	Ⓨ
	正端	负端	公共端	直流端	交流端	接地端	接外壳端	接屏蔽端
绝缘强度	☆			☆(☆)			≥2kV(☆)	
	未经耐压试验			经 500V 耐压试验			经 2000V 耐压试验	
级 别	1.5(Ⓢ、Ⓣ) 仪表量具的准确度级别为 1.5 级							

化范围、最小进位、精度等级、零电阻。

此外，还有开关标记↑↓、转动方向标记↻等符号。

三、认识仪器的一般过程

在使用任何仪器前，应根据有关知识和资料，对具体仪器的型号、原理、结构进行了解，主要部件应充分认识。进而掌握仪器的精度、性能、用途和使用方法。继之检查仪器的零部件是否完整，基本功能是否正常。现以中学常用的电压表为例做如下说明。

型号：J 0408—伏特表

符号：∠Ⓐ☆Ⓢ→了解各符号的意义。

构造原理：参看说明书或有关资料。

性能：测量 0—3 V、0—15 V 的直流电压部件；三个接线柱。

“—”为负端，“3”、“15”为正端。

了解这些内容后,将电流表晃动一下,看指针转动是否灵活。放稳后,调整表盘下方的调整螺丝,将指针调到零位。将电表“—”端与“15”端接上电线,在小于 15 V 的电源上搭接一下。指针若能指示电压值,说明测量机构完好,可以使用。

以上是认识电压表的基本过程。在使用前就应养成认识仪器的良好习惯。盲目使用常会出现以下情况:

1. 测量前未调零位;
2. 测量时没注意正负极性;
3. 被测的量大于电表量程或远小于电表量程的 $2/3$;

请分析上述错误用法会造成什么后果。

当然仪器有简有繁,使用者也情况各异,如仪器比较简单或使用者修养较高,认识仪器的过程就简单些,但仍应经过认识后才能进行操作。

§ 2 实验操作规范

认识仪器是使用仪器进行实验操作的前提,而要使实验顺利进行,关键还在于按一定的操作规范正确地进行操作。作为一名物理教师,只有对操作规范有清晰的认识,才能对学生提出明确的要求。同时,教师的操作举止对学生起着示范的作用。教师科学的、严谨的作风也将通过操作对学生施以潜移默化的影响。因此,必须加强操作规范的训练。物理实验中的仪器千差万别,各种仪器的操作要求又不尽相同。但是,使用这些仪器总有一些共同的规律,认识这些共同点,对于在理论指导下进行各种具体仪器的规范训练,提高驾驭实验的能力是有益的。

一、制定实验操作规范的出发点

实验操作规范是以科学理论为指导,经过实践逐步总结出来的。出发点是:

1. 安全,确保实验中不发生人身伤亡的事故和损坏仪器事

故。

2. 避免实验中人为带来的过失误差,减小实验中的随机误差和系统误差。

3. 保证实验顺利进行,以完成特定的实验教学任务。

二、实验操作的程序要求

实验操作必须按一定的程序进行,这些程序一般是:

1. 装配仪器

这是实验操作的第一步。如果只有一台仪器,就必须把它的各个部件装配起来;如果是多个仪器和器材就必须把它们组合起来。装配仪器必须做到正确、合理和完善。例如,在装配天平时,不仅要使各类部件的位置正确,而且要“对号入座”。

2. 仪器的预备性调整

器件安装好以后,一般要进行预备性调节,如仪器底座的位置的调节,滑线变阻器滑动臂初始位置的调节,仪表上档位选择及各种旋钮初始状态的调节,热电子仪器的预热,光具共轴的调节和各种测量仪表的零点调节。

预备性调节的最后一步是检查。检查的项目,一是仪器(包括电路)的装配是否正确,二是各器件是否处于规定的初始状态。

3. 按规则进行实验操作

当预备工作妥善完成并检查无误后,即可转入正式操作阶段。应根据实验的要求和仪器的使用规则进行操作,不得违反操作禁令。例如,不得用手拿砝码,不得用温度计作搅拌器,不得用手摸光学镜头面等等。

4. 整理仪器

实验结束,应按照一定的顺序拆除和整理仪器。一定要使学生养成整理好仪器的良好习惯。

各种类型的实验虽然大体上都遵循这些程序,但各有不同的具体要求。下面我们以图1所示的欧姆定律实验为例,介绍电学

实验的操作规程。

(1) 实验前应首先熟悉电路

对这个电路应把握如下特点：它的主要部分是输出电压与电阻构成的电路，其中输出电压的大小是通过分压器的形式来改变的，用安培表和伏特表分别测出通过电阻的电流强度和电阻两端的电压。

(2) 根据“简单、清楚，便于控制和观测”的原则布置好器材。

在这里应尽可能使开关和滑线变阻器位于靠近右手的地方，安培表和伏特表的表面应正对操作者。

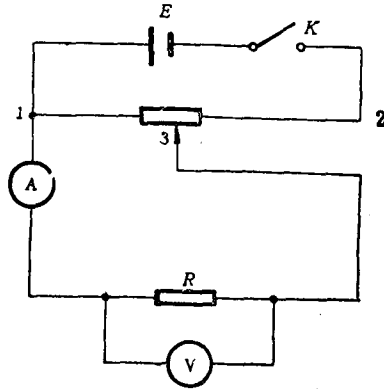


图 1

(3) 根据电路图正确接线

应努力做到在理解的基础上记图接线，而不是看图接线，即要求在头脑中先有电路的整体印象，再进行接线。这里可以按回路接线，首先把分压器输出端、安培表和电阻的串联电路接好，再把伏特表并联在电阻两端，然后再接电源回路。电源的一极最后接上，开关应处于断开的状态。

接入电表时应注意它的接线柱的极性 & 电表的量程（在不知

道电流或电压大小的情况下,应选择大量程)。

电路中的导线应尽量少用,布线不要交叉和混乱。连接导线一定要接在用电器和仪表的接线柱上,不可把导线夹在变阻器的滑杆上及开关的闸刀上;也不可把若干根导线的一端脱离用电器的接线柱而连在一起,作为一个节点。

(4) 电源合闸前应仔细检查电路调节好电表的零点,并使电路的输出电压较小,检查无误后,方可接通电源。接通电源时,应眼观仪器,随时做好有可能出现异常现象而紧急切断电源的准备。

(5) 实验中更换元器件时,必须切断电源。若更换低压电源的进线保险丝,还必须把接市电的插头拔出,决不可因电源指示灯不亮而麻痹大意。

(6) 操作过程中,不论电路中是否有高压电源,都应养成避免用手和身体接触电路中的导体的习惯。

(7) 实验完毕应先断电源,后拆线路。

应当指出,在各种实验中,具体的操作程序并不相同,也不是一成不变的,因此在执行一定的程序时,应多加思考。例如:

(1) 调节物理天平时,为什么必须先调底座水平,再调横梁平衡?反之为什么不行?

(2) 在用欧姆表测电阻之前,必须做哪几项调节工作,各调节什么器件?当改变倍率档以后,需要做什么调节工作?为什么要这样做?

(3) 用弹簧秤称出滑块的重量,再用它测量滑块在平板上运动时的拉力,其间需要做什么调整工作?怎样调整?

(4) 在光具座上,研究凸透镜的成像规律,怎样调整才能使光源、透镜和屏达到共轴?

三、实验操作的动作规范

实验操作不仅要注意程序,而且要注意动作的规范化,切忌随意性的动作。例如:

1. 使用天平：应用左手握住止动旋钮。不论调节底座和横梁，放卸待测物和砝码，以及拨动游砣，都必须在止动期内进行。需要观察天平是否平衡时，再轻轻地顺时针旋转止动旋钮。当横梁处于升起状态时，左手不可脱离止动旋钮。这样做，一方面是为了防止横梁自动落下，一方面提醒使用者在观察天平平衡之后立即把横梁放下。用右手拿砝码镊，镊口的凹边应当朝上，如图 2 所示。待测物和砝码都应放在砝码盘的中央。

如果需要把中学物理实验用的物理天平在室内短距离的搬动，应将横梁放在止动架上，双手各托底座一侧，同时用大拇指压住砝码盘中央，以保证横梁、砝码盘架不致跌落。精度较高的天平移动时不在此列。

2. 用手拿烧杯，倾倒液体时，应如图 3 所示。如果烧杯中盛有水银，应用左手托底，不可用手提住烧杯口部以免杯底破裂。同理，如果在细长玻璃管中装有水银，翻转玻璃管时，不可用双手持玻璃管的两端，而应以一手挟持管的中部，如图 4 如示。

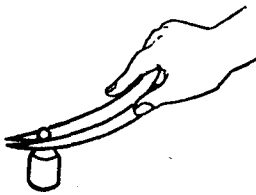


图 2

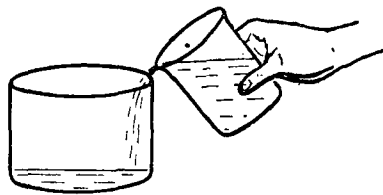


图 3

3. 做静电实验时，需要用手持绝缘柄时，应以两三个手指握持，而不应以掌心握持，并且应持于离导体最远的一端，以防漏电，如图 5 所示。

4. 用注射器做实验时，一般应在针筒内放一小段短的塑料套管，以防活塞顶到针筒底部将空气排除而拔不出来。将活塞放入针筒时，应对准中线轻轻推入，夹持针筒时，应衬上薄层软垫。

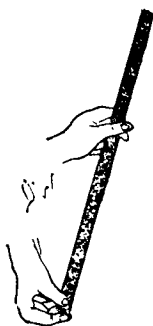


图 4

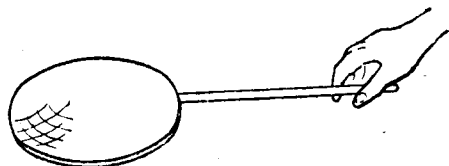


图 5

5. 用手调节滑臂、旋钮、启动开关等时，应以另一手扶持器件，如图 6 所示。

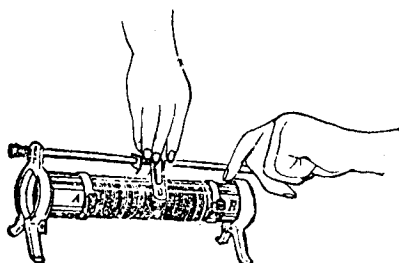


图 6

此外，如何观察标度，如何拿光学器件（如透镜、棱镜等），如何进行热学实验中的搅拌，乃至如何拿滴管，如何拿弹簧秤等等，都有一定的动作规范要求。当然有的动作要求还称不上规范，但却是他人行之有效的习惯或经验，按这样的要求进行训练时，并不要求机械的操作，而是需要在理解和思考的基础上去严格要求反复练习，培养良好的习惯。

四、教师演示实验的操作要求

演示实验是教师经常示范的一种实验。它要求教师除了按照