

中学物理教师丛书

中学物理 实验教学手册

主编 雷树人 陈子正

河南教育出版社

中学物理教师丛书

中学物理实验教学手册

主编	雷树人	陈子正
编委	魏日升	郭子正
	刘彬生	王润华
	吴永熙	

河南教育出版社

(豫)新登字03号

中学物理教师丛书
中学物理实验教学手册

主 编 雷树人 陈子正
编 委 魏日升 郭子正
刘彬生 王润华
吴永熙

责任编辑 范敬儒

河南教育出版社出版
(郑州农业路73号 邮编450002)

河南第一新华印刷厂印刷
河南省新华书店发行

850×1168毫米 32 开本19.5印张 517 千字
1994年7月第1版 1994年7月第1次印刷

印数1— 3,325册

ISBN 7-5347-1487-7/G·1117

定 价 10.00元

前 言

《中学物理实验教学手册》这本书，是河南教育出版社、福建人民出版社、广东教育出版社三省协作为中学物理教师编写的一套丛书中的一本，就整体上来说，它和河南教育出版社出版的该丛书中的另一本书《中学物理知识教学手册》堪称为姊妹篇。这两本书为中学物理教师搞好中学物理知识的教学和实验教学提供了较为丰富、新颖、实用的理论知识和实验资料，是中学物理教师备好课、讲好课的最佳工具书。

本书共分五编。第一编是总论，简明扼要地从物理教育学的观点和高度出发，阐述了中学物理实验教学的基本理论，实验的教学功能以及实验教学的实施原则和考核方法，对于物理量测量的误差理论，中学物理教学仪器的性能、使用和维护，中学物理实验的基本技术，以及实验室的管理等，也适当地做了阐释和介绍。目的就是使广大中学物理教师对实验教学在整个教学中的地位和作用，以及加强和搞好实验教学这个环节有一个全面、正确、实事求是的理解。

本书的第二编和第三编的篇幅最大，多方位地介绍了初中、高中物理实验中的课堂演示实验、学生分组实验、课外实验和小制作的项目、具体做法和注意事项。关于学生分组实验，选择了教学大纲规定的主要内容，着重向读者具体说明每个实验的教学目标，做好每个实验的关键和“窍门”，容易出现哪些问题和如何解决，有哪些替代性实验方法等。关于演示实验和课外实验，充分考虑和吸取了我国近年来物理实验教学改革的丰硕成果，面向中学物理实验教学的实际，提供了切实可行的二百多个实验项目，有的实验内容还介绍了多个方案，使教师们有广阔的选择余地。应该

说，这是本书的显著特点之一。

本书的另一个特点就是在第四编和第五编中选编了二百多道中学物理实验的习题，包括初中和高中，笔试和操作，为达标或选拔的不同层次的教学要求服务，在附录中还给出了参考性答案，为广大中学物理教师进行实验考核服务。总之，为提高中学物理实验教学的质量服务。

本书的主编为：雷树人和陈子正。参加本书编写的有：郭子正（第一编总论的一——五章）、王润华（第一编总论的六——八章）、魏日升（第二编、第四编、第五编）、吴永熙（第三编高中物理实验的第一章第二章）、刘彬生（第三编高中物理实验的第三章第四章）等同志，其中王润华同志除完成本人分工的编写任务外，还协助主编做了不少工作。张永祥、阙少玲二同志也参加了编写工作。梁丙卓、秘金通、王萃云、尚晓周、王葛松、胡延琴等绘制了本书全部插图。我们要特别感谢本书末所附主要参考书的作者和广大中学物理教师以及实验教学的研究人员，他们的研究成果和成功经验为我们提供了丰富的营养和借鉴。

由于我们水平有限，经验不足，编写时间又很仓促，本书的缺点、错误和不足之处，我们诚恳希望有关专家、同行和广大中学物理教师和读者给予批评指正。

编 者

1993.6

第一编 总 论

第一章 中学物理实验教学的基本理论

第一节 中学物理实验的教学功能

一、物理实验是物理教学的重要内容

中学物理教学的目的是使学生比较系统地掌握学习现代科学技术和从事社会主义建设需要的物理基础知识，了解这些知识的实际应用；要培养学生的观察、实验能力，思维能力，分析和解决实际问题的能力。

物理实验是人们根据研究的目的，利用科学仪器、设备，设法控制或模拟物理现象，排除次要因素，突出主要因素，在最有利的条件下研究自然规律的实践活动，也是人们研究物理规律的主要方法。物理学的建立和发展都是在实验的基础上进行的。可以认为，物理学的任何一部分内容（包括物理量、定律、理论）的结构及其发展都可以分解为三种因素：实验（事实）、物理思想（逻辑、方法论等）和数学（表述形式或计量公式）。因此物理实验自然应该看作是中学物理教学的重要内容。

二、物理实验是物理教学的基础

物理实验也是物理教学的基础。它在教学中是完成物理教学任务的不可缺少的部分。它的教学功能主要有以下四个方面。

1. 能帮助学生掌握物理知识 中学的物理内容基本上是经典物理的内容，物理规律是在实验的基础上建立起来的。要学生认识和掌握这些内容，从认识论上看，必须使学生有丰富的感性材

料，作为认识的基础。从心理学上看，动作与形成概念密切相关。而中学物理实验正可以给学生创造动作的条件，提供丰富的感性认识材料，所以实验有帮助学生掌握物理知识的功能。

2.能培养学生的能力 在实验过程中可以培养学生的观察能力、实验能力、思维能力、知识的重建能力和迁移能力，帮助学生科学方法，具有分析和解决实际问题的能力。每一个实验都是前人研究和解决问题的典范，反映了研究问题的思路，是人的思想的物化，实验过程是与人的思维活动联系在一起，所以实验不仅能培养观察能力和实验能力，而且还能培养思维等等能力，掌握研究科学的手段。

3.能帮助学生克服学习中的心理障碍，发挥学生学习的主动性 物理实验的内容是生动有趣、丰富多采的。利用实验可以引起学生对物理现象的好奇心，激发学生学习物理的兴趣，引起学生进一步学习研究物理的动机。在实验过程中，通过排除实验的故障培养学生的坚强意志。

4.能培养学生的辩证唯物主义世界观和良好的品德 物理实验过程是自然界客观规律的复现过程，它是自然界客观规律的反映，它既受辩证唯物主义的制约，又为辩证唯物主义提供丰富的实例，这就能使学生在实验中接受辩证唯物主义的教育。例如使学生认识到：世界是物质的；运动是物质的不可分割的根本属性；物质运动的发展变化有其自身的规律，这些规律是可以被人认识的，人类正是认识和掌握了这些规律而去能动地征服和改造自然。

在实验教学中，还可以有意识地培养学生实事求是的态度，尊重科学、坚持真理的科学习惯，勇于探索、大胆创新、坚韧不拔的科学精神，理论与实际密切联系的科学作风和科学态度。科学作风，是一个人优良品质的重要组成部分。

第二节 观察能力的品质和培养途径

一、观察能力

在心理学中，观察被看作是人的一种有目的、有计划的知觉，是与积极的思维相联系的、人对现实的感性认识的一种主动形式。

观察同时又是科学研究中的一种最基本、最普遍的方法：观察是认识主体获得感性经验和事实的根本途径，这些感性经验和事实是科学工作者进行发明创造的出发点；它也是检验或发展假说的实践基础，它对检验科学假说、发展科学理论具有决定性的意义。

观察能力是人们通过感觉器官和大脑的协同作用，获得外部世界信息以及对信息进行初步加工的能力。

二、物理观察能力的品质

物理观察能力的品质有多种划分方法，大致可分为以下三类。

1. 观察的目的性和全面性 观察与一般感知的区别是观察必须要有明确的目的。为了达到观察的目的，使观察符合观察的要求，观察必须要有计划、有步骤，即必须具有条理性。观察的全面性，就是指观察对象对观察对象的整体、局部以及它们之间的联系能有较充分的了解。

2. 观察的准确性和敏锐性 观察的准确性包括：如实地反映物理事实和尽可能减少观察读数的误差。观察的敏锐性指能捕捉到外界来的刺激较弱、呈现时间较短或者比较隐蔽的现象。敏锐性也包括敏捷性和细致性的要求。

3. 观察的理解性 指观察与思维相结合的品质，辨明观察到的现象与已有知识间的联系。如观察过程中能通过比较和分类，找出事物的本质特征。能通过观察，进一步作因果联系的分析，或对观察到的现象作解释或推测等。

三、培养物理观察能力的途径

观察能力的培养途径，主要的有：(1) 重视实验教学，让学生有较丰富的观察对象；(2) 重视观察方法的示范及指导；(3) 培养学生将知识联系实际的习惯，重视物理知识的逻辑、推理过程等。

第三节 物理实验能力的含义和培养途径

一、物理实验能力的含义

物理实验能力，就其结构来看，可以分为两个层次。即具有实验的基本技能和实验的探索能力。

物理实验的基本技能层次，概括地说，是指实验的基本理论（包括实验的基础知识）、基本方法和基本操作技能，即通常说的物理实验的“三基”。对中学生来说，它们的主要含义和要求如下。

1. 实验的基本理论

(1) 认识实验的作用。通过实验使学生了解实验的设计思想和实验的原理。

(2) 从测量和计算方面看，基本理论包括：

①了解物理测量和量具的关系，了解仪器的工作原理、构造和性能。

②了解测量中误差的含义。

③掌握有效数字的一般概念，能用有效数字读数、记数，初步掌握有效数字的计算法则。

④能运用所学的理论知识，分析实验产生误差的主要原因，对实验的结果作出解释。

2. 实验的基本方法

(1) 初步领会物理实验的科学方法。即：明确要解决的问题，提出解决问题的思路或提出假设，将思想转化为物，提出实验方案，进行实验，在实验结果的基础上对假设进行修正或上升

为理论；再将理论用于新的现象中，发现和提出新的问题等等。

(2) 会利用实验方法去进行较准确的测量，如替代法、控制变量法等。

(3) 了解进行实验的过程和步骤，能掌握设计记录表格、整理实验数据、画出图线，得出结论的具体方法。

3. 实验的基本操作技能

(1) 能正确、熟练地使用规定的物理仪器。

(2) 能根据实验要求正确组装实验仪器。

(3) 能按操作规程正确进行实验操作。

(4) 能仔细观察，认真读数、记数、整理数据，对实验结果作出解释。

(5) 能在实验出现简单的故障时，设法找出故障原因并加以排除。

(6) 实验结束后，能整理好实验器材。

(7) 会写实验报告。

关于实验探索能力层次，主要是会根据自己的已有知识，运用实验手段去探索未知知识的本领。

中学物理实验的探索能力，主要是指有进行实验的评价和实验的设计的能力。实验的评价可以让学生充分利用已学的知识，对实验好或坏的原因进行分析，提出自己的改进意见和改进方案；实验设计包括如何根据课题（或假设），结合有关原理和条件，提出实验的思想和方案，选用实验器材，制定实验的步骤，估计实验中可能出现的问题和产生的误差等。

实验探索能力是实验能力的较高层次，它能开发学生的创造能力。

二、培养学生实验能力的途径

培养学生实验能力的途径是加强演示实验、学生分组实验、边学边实验、课外实验等的教学，使各类实验在教学中发挥最佳功能。

培养学生的实验能力应该有计划、分层次逐步地培养。实验

能力的要求从初中到高中应逐步提高。例如，初中的重点应放在实验观察、基本仪器的操作使用以及良好的实验秩序和实验习惯的培养等方面。初中学生开始做实验时，教师应给他们列出实验的目的、器材、原理、步骤、数据记录表格等项目，使学生在明确实验目的、原理、步骤的基础上，严格按照操作规程进行实验，养成良好的实验习惯。在学生做了一定数量的实验以后，再有计划地逐步要求他们根据预定的实验目的要求，自己拟订实验方案、步骤和自己设计记录表格，并逐步培养他们自己分析实验结果，从中得出正确的结论。

在高中阶段，要加强基本操作训练，使学生能正确使用基本仪器，并要求他们懂得仪器的构造原理。如游标卡尺的读数原理、电表的工作原理等。同时要引导学生会根据实验的要求选择仪器。在实验中不仅要培养学生能正确读数，而且要学会处理实验数据（包括对误差太大的数据的舍弃）。会依据实验结果得出正确的结论。还要适当增加设计性实验的因素，并选择一些典型的实验，让学生进行实验方案的设计和独立地进行实验，以进一步培养他们的实验能力。

设计性实验也可以放在课外进行，例如组织小实验、小制作竞赛等，以培养学生的创造能力。

第四节 中学物理实验的类型及实施要求

一、中学物理实验的类型

关于中学物理实验的分类，通常有以下两种。一是从实验的组织形式，可分为教师的演示实验，学生边学边实验、学生分组实验和学生课外实验等。二是从实验目的与已有知识的关系分类，可以分为验证性实验、探索性实验、应用性实验等。

二、演示实验及实施要求

1. 演示实验的基本要求

演示实验一般指根据教学需要配合教学内容由教师操作做示

范表演的实验。

对演示实验的基本要求如下。

(1) 实验稳定可靠。

实验的原理正确，才能保证实验稳定可靠，能够出现预期的现象。要防止实验环境等条件的变化对实验稳定性的影响，例如电学实验中必要时要求电源电压稳定等，以保证实验成功。

(2) 简易方便。

演示实验要求简易方便，包括仪器结构简单，实验操作简便，以及由演示现象到得出结论时的解释和推理的环节尽可能少。例如用一装满水的杯子，杯口上加一纸，倒转杯口来说明大气压强的存在等。

(3) 现象清楚。

演示实验要求能让全班学生都能看清实验装置、实验过程和呈现的物理现象，使学生产生深刻的印象。因此仪器的尺寸要足够大。如果演示的现象的变化较小，应设法利用机械放大、光学放大（用投影法放大）等，使现象清楚。在仪器放置时，要有适当高度，不让前排学生遮住后排学生的视线。水平放置的图象尽可能改为竖直放置。要有足够的照明光强和鲜明的色彩配合，必要时加适当的背景衬托。

2. 演示实验的实施

在进行演示实验时，为了充分发挥演示实验在教学中的作用，要注意以下几点。

(1) 明确目的，指导观察。

实验是为一定教学目的要求服务的。演示实验在不同的课题和不同的教学过程中各有不同的要求，例如有的是通过实验提出问题引起学生思考，有的是帮助学生形成概念，建立规律，有的是深化、巩固知识等等。演示前要明确观察什么现象（观察的目的），以便学生能有目的地进行观察。观察时还要指导学生明确如何观察，掌握观察的方法，如全面观察法（包括顺序观察法、分部观察法、持续观察法、角度观察法等）、重点观察法、比较

观察法等。

(2) 分清层次，引导思维。

演示实验可以为学生提供建立概念的感性认识材料，然而，判定事物之间的因果联系，还需要与思维相结合，所以实验的过程应与思维的层次相适应。中学中的很多物理演示实验，往往经过这样的几步：提出问题和回答这一问题的演示实验方案；介绍实验器材，明确实验中要观察的现象；通过实验建立初步表象；再提出问题进行探索，再做实验，找出规律；最后应用规律预测或说明有关的另一些现象，并用实验来验证。在这从实践到理论，再从理论到实践的认识过程中，进行了分析和综合、抽象和概括等一系列思维活动，目的就是为了使学生的认识从感性认识上升到理性认识。

(3) 正确操作，注意示范。

演示实验是教师进行操作的实验，带有示范性，因此实验的操作应该规范化。例如连接电路时接线的顺序，以及先接线路最后接电源等实验规范，教师应该严格执行。实验中，如果有误差，也应实事求是地指出或者说明其产生原因，培养实事求是的科学态度。教师对待演示实验的严谨作风和科学态度，对学生的实验素养起着良好的潜移默化的作用。

三、学生边学边实验及实施要求

学生边学边实验也叫做“边教边实验”。由于学生是学习的主体，教师教是为了引导学生学，所以叫做学生边学边实验更好。学生边学边实验是指在课堂教学中，学生在教师指导下配合教学内容所做的实验。这种实验与演示实验不同之处是学生能亲自动手做实验，因而能更多地调动学生学习的积极性，直接培养实验能力，使学生能更深入和牢固地掌握知识。

进行边学边实验时，教师要注意以下几点：

1. 备课时教师既要考虑实验的内容、方法和步骤，更要考虑使实验内容同学习和讨论的内容密切配合，并引导学生分析实验结果得出结论。

2.准备好足够套数的仪器。有些简单的仪器或低值的器材，可以要求学生利用课外活动时间制作和准备。

3.要充分估计到课堂教学中可能发生的各种情况，以便加强指导，使学生能够主动地、有秩序地进行实验。

四、学生分组实验及实施要求

学生分组实验，是学生在教师的指导下利用整节课（或相连的两节课）时间在实验室里进行的实验。

实施分组实验前，教师要先做好实验器材准备，学生分组编号准备，并且教师要试做实验，以便切实了解实验的方法步骤，实验中可能出现的问题，实验所需的时间等，并适时给学生以指导和引导。

通常，学生分组实验的进行方式有并进式和轮换式两种。并进式学生分组实验是全班学生同时进行同一内容的实验；轮换式实验是全班学生分组轮换做不同内容的实验。

进行分组实验，一般分为三个阶段：

第一，准备阶段。可以采用提问或讨论的方法，使学生复习并掌握实验所需的理论知识，明确实验的目的、方法和步骤，了解实验中将使用的仪器的性能和实验中的注意事项。

第二，操作阶段。学生进行实验操作，教师作巡视和指导，当学生操作中发现问题时，教师要启发学生自己去改正和解决，以培养学生独立分析和解决问题的能力。

第三，总结阶段。在大部分学生完成实验后，教师即可要求学生汇报实验结果，并进行讨论和总结。如分析实验得出的结论、分析影响实验精度的因素等。最后要求学生独立完成实验报告。

五、课外实验及实施要求

课外实验是学生按照教师布置的任务和要求，在课外用能够找到的器材或自制的教具独立进行的实验。学生课外实验可以扩大学生的知识领域、培养实验能力，还可以发展学生的创造能力。

实施课外实验要注意：

第一，课外实验的题材要适当。实验内容要有意义，例如要较长时间进行观察的实验，像液体的扩散现象等；实验器材学生能自行解决；实验过程也较安全，不会产生爆炸、中毒或触电等人身事故。

第二，要贯彻对全班学生的统一要求和因材施教相结合的原则。例如取材容易、观察方便的实验可以全班学生都做，统一要求，像用圆珠笔芯和纸、线做简易天平等；难度较大或需要特殊设备的实验，可以让少数有条件的学生去做，再由他们向全班同学作报告。

第二章 学生物理实验能力的考核

物理实验考核是物理教学的重要环节之一，也是检查学生实验能力的一种重要手段。以前物理实验的考核常以“实验题”的形式出现在书面考试卷中。经过近年来广大物理教师的探索和研究，从检查学生实验操作能力、实验设计能力、实验素养等要求出发，单独进行物理实验操作考试，愈来愈显得必要。

第一节 考试的分类

考试是对学生学习情况、智能发展水平的一种量化的测定。这种测定的功能往往不只是为了区分学生的名次。考试的功能还有：第一，在某一新的学习阶段开始前了解学生原有的知识和技能状况，以预测进一步发展的趋势；第二，了解学生在学习过程中存在的困难和达到的水平，了解教和学的效果，为改进教学及时提供反馈；第三，总结学生某一阶段学习的情况，对学生作出较全面的总结评定。上述三种不同功能对应着三种不同类型的考试，即预测型考试、形成型考试和总结型考试。

按照考试记分标准分类，分为目标参考性考试和常模参考性考试。目标参考性考试是考查学生是否达到了某门学科预先规定的教学目标，是衡量学生实际水平的考试，所以又叫做达标性考试。常模参考性考试是考查学生对某门学科的知识、技能掌握的水平，在同类被试对象中处于怎样的相对水平，所以是衡量学生相对水平的考试，即评定每个学生在集体中成绩的等第。综上所述，中学物理实验教学中常见的考试可以分为表 2-1 所列六种类型，并且有着相应的常用名称。

表 2-1

常用 名称 记分 标准	功 能	预 测 型	形 成 型	总 结 型
		模底考试	单元测验	期中、期末、 毕业考试
目标参考性考 试		摸底考试	单元测验	期中、期末、 毕业考试
常模参考性考 试		分班或分组考 试	阶段性学科竞 赛	升学考试、学 科竞赛

对于不同类型的考试，命题的原则有较大差异。例如目标参考性考试，要求考试的内容与教学目标相对应，试题的难度由对应的教学目标决定，不要超过教学大纲要求的难度。试卷内容要覆盖整个教学目标，试题的区分度只要大于零即可。而常模参考性考试的内容不要求完全与教学目标对应，试题的难度由选拔的要求来决定，试卷不要求覆盖整个教学目标，试题要有一定的区分度，并使学生所得分数呈正态分布。

第二节 物理学科目标参考性考试

一、考试目标的制定

物理实验目标参考性考试的命题，总的说来，要符合现阶段教育的总目标、符合物理教学的目的和要求，符合本地区或本学

校的实际情况。具体地说,要做到以下几点:1.要符合物理教学大纲和教材的内容要求;2.要从学生实际出发,面向大多数学生,突出考察学生物理基础知识和基本技能,兼顾考查灵活运用知识和技能的能力;3.命题要尽量联系生产和生活实际。

为了使命题具有代表性、客观性和科学性,首先应该明确考试目标。考试目标应该根据教学大纲和教材内容,结合本地区或学校物理教学要求的实际情况研究制定。

考试目标层次的划分有多种,但不论如何划分都应既包括知识也包括技能。例如将考试目标粗分为四个层次:识记、理解、掌握、综合。

第一层次——识记。考查学生是否记住:(1)学过的物理概念、规律、物理现象、典型实验、物理史实、物理公式和单位,以及重要的物理常数;(2)有关实验仪器的名称、用途、主要构造与操作规则;(3)学生分组实验的目的、器材和结论。

第二层次——理解。学生是否做到:(1)理解有关物理概念和规律的特征、物理意义、适用条件;(2)能对物理公式进行变形,并用物理公式进行数学运算;(3)对简单的现象或事物能作出解释;(4)能正确进行物理作图,会查阅物理常数表;(5)懂得实验原理和操作步骤,能进行基本的实验操作;(6)能正确使用有关测量工具和基本仪表,会正确读数和记录。

第三层次——掌握。学生是否做到:(1)熟悉应用所学物理知识解决新情境中的简单的物理问题;(2)能比较和判断相近的或易混淆的知识和现象;(3)能正确进行推理论证;(4)能正确、熟练完成实验,进行必要的数据处理,归纳总结出规律,得出完整的结论;(5)知道实验误差产生的主要原因和减小随机误差的方法。

第四层次——综合。考查学生能否做到:(1)在稍复杂的问题中,熟悉运用物理规律进行推导或论证,求出结果;(2)根据实验的目的要求,从给定的器材中选择合适的器材进行实验;(3)根据实验目的要求,对一些比较简单的实验或实际问题,设