

高等学校教学用书

中学

物理实验教学法

(技能训练)

向立中 编著

北京师范大学出版社

高等学校教学用书

中学物理实验教学法

(技能训练)

向立中 编著

北京师范大学出版社

高等学校教学用书
中学物理实验教学法
(技能训练)
向立中 编著

•
北京师范大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
天津黎明印刷厂印刷

•
开本, 850×1138 1/32 印张, 11.125 字数, 237 千
1987 年 3 月第 1 版 1987 年 3 月第 1 次印刷
印数, 1—10,000
统一书号, 13243·137 定价, 2.20 元

前 言

按照全国师范专科学校物理系(科)的镇江会议精神及其拟定的《中学物理教学法》大纲,作者结合多年的教学经验,在编写湖北省试用教材的基础上,经过反复修改,写成了这本实验教材。

本书以总论、课内实验训练、课外实验训练和附录几个方面有机地配合,着重于系统地培养与提高从事中学物理实验教学的思想、观点、理论、素养、方法和手段;对中学物理实验中的基本技术、常用仪器,结合实验的具体内容进行综合训练;对一些重要的、偏难的或未定型的实验进行专题研究;对实验方案的设计,实验条件的选择和仪器的自制、创新进行探讨;对一些关键问题进行了技巧分析。

本书在编写过程中,力图突出以下特点。

1. 从理论阐述和操作训练上,注重奠定从事中学物理实验教学的思想基础、理论基础和素养基础。

2. 从能力培养上,强调了实验设计能力、操作动手能力和数据处理能力。

3. 从内容方面,注重研究新教材、新方法、新手段,尽量反映新信息、新技术、新成果;且兼顾现实与发展,传统与改革,购置与自制,注重实验的实际效果。

4. 为适应读者的需要,提供多种实验的方法和途径,以便采用者依据客观条件进行选择。

5. 从方便教学上,实验内容循序渐进,目的要求明确,使学生疑而解趣,趣而鲜难,有思考寻味的余地。

本书经过了不少同行、教研机构、学术团体的审查评议，可作为高等师范院校、教师进修学院、师范专科学校的教材，也可供中学、中专物理教师参考。

在本书成书过程中，阎金铎、刘铁铮、林荫浓、胡良栋、娄溥仁、刘锡三、徐光美、黄恕伯、周中权、谢宗兆、牟林西、魏日升、唐述曾、李贵天、李仁修、吴前隽、龚东升、陈天佐、倪正明、吴是辰等同志审阅了书稿，并提出了宝贵意见；乔际平、刘炳升、邹延肃、张延庆、陈克理、冉勇、吴笑钧给予了大力支持；钱定国、胡瑾、苏承宗、唐琪珊、陈甘树、张全凤、周艺芳、胡进、田永红等同志试用审议了不同阶段的书稿；尤矢勇同志对编写“电脑在中学物理实验中的应用”进行了合作。在此一并表示感谢！

由于水平所限，不当之处在所难免，敬请指正。

作者

目 录

| | |
|----------------------------|---------|
| 第一编 总 论 | (1) |
| 一、中学物理实验教学技能训练的任务和目的 | (1) |
| 二、中学物理实验教学技能训练内容的选择 | (2) |
| 三、中学物理实验教学技能的作用与具体要求 | (6) |
| 四、科学实验与教学实验 | (8) |
| 五、中学物理实验教学的任务 | (10) |
| 六、中学生实验技能的培养 | (13) |
| 七、中学物理各部分内容教学实验的操作要点 | (20) |
| 八、中学物理教材中的实验体系与特点 | (27) |
| 九、中学物理教学中的基本仪器及使用规范 | (31) |
| 十、实验设计和仪器研制 | (32) |
| 第二编 实验教学技能训练 | (42) |
| 训练一 闪光照相与摄制幻灯片的技术训练 | (42) |
| 训练二 多功能教学电影机的操作技术训练 | (59) |
| 训练三 幻灯投影技术训练 | (67) |
| 训练四 打点计时器的校验使用和纸带数据处理训练 | (82) |
| 训练五 低压电源、感应圈和抽气机的使用技术训练 | (95) |
| 训练六 水银的净化灌装和托里拆利实验 | (108) |
| 训练七 “熔解和凝固”实验教学的设计和仪器研制训练 | (118) |
| 训练八 静电仪器的制作和实验研究训练 | (130) |
| 训练九 蓄电池的充电、使用和维护训练 | (148) |
| 训练十 演示电表的使用和改装训练 | (161) |
| 训练十一 光学仪器制作和实验研究训练 | (176) |
| 训练十二 设计演示实验和自制教具训练 | (192) |
| 训练十三 变压器原理说明器的使用和电磁现象的演示训练 | (205) |

| | | |
|------|----------------|-------|
| 训练十四 | 教学示波器的使用拓展训练 | (219) |
| 第三编 | 第二渠道实验活动训练 | (243) |
| 训练十五 | 电脑在中学物理实验中的应用 | (243) |
| 训练十六 | 中学物理实验操作竞赛模拟训练 | (271) |
| 训练十七 | 磁电系仪表的调修技术训练 | (288) |
| 训练十八 | 课外益智物理实验活动训练 | (304) |
| 附录 | 中学物理实验室的建设与管理 | (345) |

第一编 总论

实验是物理科学的基础，也是物理知识的源泉；加强实验是物理教学的时代特征，又是提高物理教学质量的先决条件。

中学物理课区别于其它课程的特点，就是突出实验。作为一个中学物理教师，必须树立实验教学的思想，懂得实验教学的方法，掌握实验教学的技能，并具备从事实验教学的素养。因此，在高等师范院校物理专业的“中学物理教学法”课程中，强调进行中学物理实验教学的技能训练，有其重要意义。

“训练”二字内含“反复”之意，但又不是机械地重复。为此，在训练内容上选入的实验数量和涉及的实验器材较多，多数以系列实验组成某一技能训练课题；对每个课题所选若干实验的顺序编排，与形成技能要由易到难、由表及里逐步扩展加深直至灵巧自如的进程相一致，即对所列实验按相宜程序进行了分类编组。在训练过程中，可根据各自的技能基础，选择相应的起点和重点，在完成“训练作业”的统一要求基础上，可对“讨论与研究”中提出的问题各自加以探索。有些训练课题之间，彼此有着一定的分工和联系，训练时要注意知识的衔接点和技能训练的侧重面。

欲在实验操作训练中，顺利地获取中学物理实验教学的技能，还必须掌握有关的理论知识和具体要求。现择其重点，分述于后。

一、中学物理实验教学技能训练的任务和目的

(一) 主要任务

1. 对中学物理实验中的基本技术、常用仪器结合具体的实验

内容进行综合训练；

2. 对一些重要的、偏难的、未定型的中学物理演示实验和学生实验进行专题研究；

3. 对中学物理实验方案的设计，实验条件的选择和实验仪器的创新进行初步探索。

（二）通过实验训练要达到的目的

1. 树立“中学物理教学必须以实验为基础”的观点；

2. 掌握中学物理实验教学必备的理论和技术；

3. 具备进行实验教学和实验研究的初步能力；

4. 养成良好的实验习惯和勇于探索的创新精神。

二、中学物理实验教学技能训练内容的选择

依据中学物理实验教学技能训练所应达到的上述目的，解决好从事中学物理教学工作所应具备的思想、方法、技能和素养等问题，中学物理实验教学技能训练的内容要按“奠定基础、训练能力、适应更新、突出特点”的原则来进行选择。

（一）奠定基础

从中学物理教学的实际情况出发，要奠定的基础有三方面：一是思想基础；二是理论基础；三是素养基础。

1. 牢固地树立“中学物理教学必须以实验为基础”的思想

从物理科学本身的发展规律来看，真正的物理学是伴随伽利略的实验力学的兴起而产生的，并由此奠定了包括物理科学在内的自然科学的实验研究方法的基础。在自然科学研究方法中，除了实验方法外，尽管还有观察法、科学抽象法、逻辑推理法，以及伴随当代科学出现的系统方法、信息方法、控制方法等，但实验方法仍然是自然科学研究方法的基础，也是物理科学研究方法的基础。离开了实验，物理学就将是无源之泉，无本之木。

从中学物理教学的特点来看，物理教学就是把人类关于物理

现象及其规律的认识，在集中的时间内传授给学生。在这一活动中，学生的学习过程与物理学家的探索过程有着相似之处，即要运用物理实验、数学运算和思维推理相结合的方法。但是根据学生的年龄特征，理论物理的教学是以数学方法为主，普通物理的教学则采用实验与数学相结合的方法，中学物理教学是启蒙入门阶段，以基本概念和规律为内容，要调动学生的积极性，要坚持理论联系实际的原则，要尽力做到生动直观。因此，中学物理教学应以实验方法为基础。其中的实验归纳法是中学生探索物理规律的重要途径，实验验证法则是对物理规律加深理解、强化记忆的有效手段。

从社会对人才需要的趋势来看，为适应科学技术飞速发展的世界形势的需要，必须造就一代“格物致知，运用自如”的人才，物理教学要立足于知识传授，放眼于智能开发，造就科学作风和优良品德，都必须以实验为基础。实验不但有助于深入理解和牢固掌握基础知识，培养实验能力，而且从根本上说，有利于加强我国物理教学的实验基础，使我国物理科学及其他领域，有可能培养出更多的优秀人才。

2. 掌握中学物理实验教学的基础理论

中学物理实验教学的理论应以马克思主义的认识论、科学方法论为指导，以教育学、心理学、生理学等教育科学理论和电子学、工程学、建筑学等物理技术理论以及近代科学的信息论、控制论、系统论为基础，来探讨中学物理实验教学最优化的理论、技术和实践。总结出中学物理实验教学有关的目的确定、原理构思、仪器研制、程序编排、操作管理、手段运用、数据处理、误差分析、结果报告等实验环节的系统理论。

3. 要具备中学物理实验教学的基本素养

实验素养泛指实验的习惯、作风和精神。根据教学的相互作用理论，要养成创造物理环境，在实验条件下进行物理学习的习

惯。在实验过程中要养成遵守操作规程、爱护仪器、注意整洁的良好习惯。对于实验现象和实验数据要养成实事求是的科学作风。对于实验工作应有严谨认真、一丝不苟、追索机遇、乐在其中的工作态度。对于认定的目标应争取时间、争取第一，具备坚韧不拔、勇于探索的创新精神。

（二）训练能力

中学物理实验教学的能力包含的内容很广，归纳起来主要有三方面的能力，即实验设计能力、操作动手能力和数据处理能力。

1. 训练自行设计实验和研制简单仪器的能力

设计实验和自制仪器是涉及实验教学全局性的一环。它的任务是：要依据研究对象，确定实验目的、理解实验原理、构思实验装置、编制实验程序、设计记录表格，并拟定数据处理和结果讨论的方案。

对于实验目的，有侧重于知识教学的，也有侧重于技能培养的。对于实验设计要富有启发性，要以“疑”、“趣”、“难”来“循循善诱”、启迪思维、激发情趣。对于实验装置的构思，既要符合学生的认识水平，又要能就地取材，便于自制。

设计实验和研制仪器的能力来源于对各种实验方法（定位法、计时法、测量法、传动法、组装法等）的综合运用和技能迁移。也取决于基本实验技术（仪器使用、设备安装、图表绘制、故障排除等）和工艺水平（工具使用、零件加工、造型设计、精美要求）的高低。对基本仪器的使用，要善于使用厂制产品说明书，并会选用各种类型的组合教具和学具。

2. 训练驾驭仪器设备的操作动手能力

实验是一种手脑并用的活动，要加强对仪器的操作使用，观测记录的训练。重点应放在调整实验装置及对基本仪器操作使用的程序化要求上。具体的要训练认识与调节仪器的能力；按照实

验原理安装仪器的能力；多种感官并用，手脑协调的操作能力；分析原因排除故障的能力。

3. 加强数据处理能力的训练

数据处理是一门很深的学问，应在理解精密度和有效数字、准确度和误差、平均值与偏差的基础上，掌握用偏转法或指零法确定直接量的结果和进行有效数字的组合运算，确定间接量的结果；还要掌握用列表法和作图法处理多个变量的基本方法（参见第一编中学生实验技能的培养之（3））。

（三）适应更新

目前，世界上正在出现新的科学技术革命的高潮，为了使我国中学物理教学能适应新形势的要求，“应当注意和研究世界新的技术革命和我们的对策”，贯彻教育要“三个面向”的指示精神，探索在新的科学技术革命的形势下，为提高教育质量，进行中学物理教学改革的思想、理论、方法和手段。中学物理教学的改革势在必行，而且已经涌现出了一批行之有效的教改方案，它们涉及到了教学的指导思想、教学的目的任务、课程的结构、教材的体系、教学的方法和手段等。

面临中学物理教学改革的新形势，中学物理实验教学技能训练应立足于培养目标，着眼于教改动态。为提高教育质量，要着重研究新教材、新方法、新手段；尽力反映新信息、新技术、新成果。同时，为进一步更新，留有余地地介绍相关资料和发展动态。

1. 随着教改工作的发展，各种不同风格特色，不同改革试验的教材将会应运而生，这就要求“技能训练”所选用的实验事例的结构体系，除了注意与统编教材结构体系相吻合，避免重叠和出现空白外，还应吸取新教材和新信息中的丰富营养。如“训练”中选入的“高电阻放电测电容”等学生实验。

2. 随着教改的深入，在实验内容和方法上要考虑现实需要和

发展趋势的适应性。“技能训练”选了以经典物理为主的实验内容，还选进了反映近代物理学发展的关键性实验内容，如阴极射线、激光仪器等。今后实验仪器研制和实验方法探索的新技术、新成果将层出不穷。所以，“技能训练”在“频闪照相”的实验中提及“频闪电晕潜影仪”，在“萘的熔解和凝固”实验中介绍“J Ny-1型萘熔仪”，用以开阔视野，启迪思维。

3. 在实验手段上，“技能训练”的内容，要立足于传统的实验教法，又要着眼于现代化的教学手段，要对一些普及型的现代教育技术进行训练，如“投影技术”、“教学电影”、“电脑在实验中的应用”等。

(四) 突出特点

突出特点，有三个方面的内容：一是要适应教育科学技术不断发展和教学结构不断改革这一时代特征的需要，选进新的课题，如根据“人与物相互作用的理论”，要创造物理环境，开辟第二课堂的教学渠道，二是要顺应“技能训练”的教学动向以及中学物理实验教学比较薄弱的特点，要尽力兼顾启发和指导性的统一，诱导结合，要具体指导，使技能训练的内容在实验教学中能成为中学教师的可取资料。三是根据目前中学的条件和农村仪器经费短缺的特点，技能训练的内容除了介绍厂制仪器外，又要重视实验设计和仪器研制的示例；同一实验介绍多种方案进行分析对比，培养因陋就简，土法上马从事实验教学的习惯。

总之，中学物理实验教学技能训练的内容，是从中学物理教学的实际出发，把培养能力、挖掘潜在因素，激励进取精神放在首位，以利于提高未来中学物理教师的素质。

三、中学物理实验教学技能的作用与具体要求

中学物理实验教学技能，是中学物理教师应有的基本素养，

是从事实验教学必备的基本功。缺乏这一素养，如果对实验教学的观点树立不牢，在今后的工作中，就不会充分挖掘潜力，而易于使实验教学陷入自发状态，往往对教学大纲打折扣，对实验开设无数量要求，任意少开甚至不开，出现黑板上画实验，要学生背实验等现象。缺乏这一素养的另一突出表现，就是不善于分析实验教材，不明确各个实验的意义、作用和质量要求，或者只知一个粗线条；对每个实验在实验总的培养目标中的具体作用和内在联系认识肤浅，把握不住实验单元的划分及其对应的技能训练目标，做实验是应付了事，使教学质量无法保证。缺乏这一基本功，在训练学生实验技能的目标上就呈现盲目性，对能力的培养不能通盘安排，对基本仪器的使用不规范，对学生使用仪器无训练计划和具体标准，不注意科学态度和科学作风的培养，同时，往往做实验难以成功，使得教学质量无法稳定。

可见，作为中学物理教师必备的基本素养和基本功的实验教学技能，一方面要掌握实验教学的基本理论，包括实验原理，设计思想，有效数字和误差理论，实验环节与操作规程；同时要会熟练运用从事实验教学的基本技术。

对中学物理教师应具备的实验教学技能的具体要求有以下内容。

1. 能依据中学物理教学大纲和课本，对其中的各类实验综合进行总体分析，明确中学物理实验教学的总目的，把握中学物理实验技能包含的具体项目及其各个阶段的训练目标，制定出实验教学计划，分单元有重点地进行训练。

2. 能区分实验的类型作用，把握有关演示实验与学生实验在技能训练上的有机联系，发挥演示实验的示范作用，拟定出相应实验的具体要求；促进学生实验技能的储存与迁移。

3. 熟悉中学物理实验教学的基本仪器，懂得它们的使用要求和操作规程，掌握中学生对每件基本仪器应达到的训练标准。

4. 会组织中学生开展物理课外活动,以激励志趣,活化知识,锻炼能力,扩展课堂教学的效果。

5. 具有建设中学物理实验室和设计简单实验,自制教具的能力。

四、科学实验与教学实验

物理世界孕育着令人费解的美妙规律,人类对它的探索经历了曲折复杂的艰险历程,在探索活动中,物理学家创立的科学思想与研究方法,对揭示物理规律,建造物理学的宏伟大厦是极其重要的,同样,对物理知识的传授和发展也是必不可少的。

自从1600年英国女王的御医威廉·吉柏在实验基础上发表《磁石论》一文以来,前后三四百年的时间内,自然科学在批判经院哲学的斗争中,从宗教束缚下解脱出来,探索出了一条工匠与学者相结合,实验的观察与理论的解释相结合的研究方法和发展道路。使得物理学从自然科学中分化出来,成为真正独立的科学。随着生产技术的不断变革和发展,物理学家运用科学实验的手段,把科学实验仪器和精确的数学计算相结合,把物理事实与逻辑思维推理相结合,作为认识自然的武器,建立了经典物理学的完整理论体系,并为物理学的发展积累了大量的资料,提出了新的课题。

整个物理学发展史表明,科学实验对于物理学的发展和对于实现认识上的飞跃都具有极其重大的意义;那么,科学实验的特点是什么?它与教学实验有哪些区别和联系,这是我们应该掌握的。

(一) 科学实验的特点

1. 科学实验的条件可以进行严格的精密的控制,用以摆脱次要的,偶然的因素的影响,以便突出事物的本质,找出因果关系。

2. 科学实验具有重复性,可在相同的条件下,让事物的发展变化过程重复显现,以便找出规律。

3. 科学实验一般都要借助各种仪器,以便准确地观察,测量。

4. 科学实验还可在特殊的条件下,如创造高温、高压、低温、低压的特殊环境,来研究物质在特定条件下的性质,从而更深入地揭示物理现象的本质。

(二) 教学实验与科学实验的联系与区别

教学实验和科学研究实验在本质上有许多共同之处。物理教学就是把人类关于物理现象及其规律的认识,在集中的时间内传授给学生。在这一活动中,学生的学习过程与物理学家的探索过程有着相似之处。因而教学实验对学生的认识活动所起的作用与科学实验是相似的。但是,两者的实验目的、内容和形式又不尽相同。

1. 从实验目的上看

科学实验的目的,在于发现人们以往所不知道的新的物理现象,探索和确立至今还未被人们所认识的物理规律。而物理教学实验所研究的,一般都是科学上久已熟知的,但对学生来说还是未知的新的物理知识。通过教学实验,使学生在认识过程中,不再走历史的弯路,而是在教师的指导下,走比较正确的道路,较顺利地把物理知识变为自己的知识。总的说来,物理教学实验的目的:除了培养学生的观察思维能力和训练实验操作技能外,还要帮助学生运用科学研究的实验方法,形成正确的概念,加深对物理规律的理解。

2. 从实验内容上看

一般科学实验的内容,是按照有待探索的新问题而确立的;而教学实验的内容,是按照一定的教学目的而设计的,并根据中学物理教学的实际需要而确定的。

3. 从实验的形式上看

科学实验的一般形式，是科学家在特定的实验室里反复观察物理现象的变化，测定和记录必要的的数据，计算和分析实验结果，从而总结出物理规律。而物理教学实验，无论是供学生观察的演示实验，还是让学生自己动手的实验，都能得到肯定的结果，易于从现象中逐步总结出物理概念和规律。

(三) 教学实验的分类

中学物理教学实验对培养学生的实验技能，巩固和加深物理基础知识，发展学生智力，具有重要作用。从教学特点来看，按实验的形式、内容、作用的不同，可将其分为若干类。

1. 按形式的不同，大体可分为四类：

(1) 演示实验， (2) 随堂实验(边教边实验)，

(3) 学生实验， (4) 课外实验。

2. 按物理学的各分学科来划分，大体有六类：

(1) 力学实验； (2) 分子物理学与热学实验； (3) 静电实验； (4) 电磁学实验； (5) 光学实验； (6) 原子物理实验。

3. 按实验的作用不同大致可分为五类：

(1) 使用基本仪器实验； (2) 验证物理规律的实验；

(3) 探索物理规律的实验； (4) 应用物理规律的实验；

(5) 操作竞赛性实验。

上述同一类型的实验，在教学中有许多共同之处，明确分类的目的，在于探索对于同一类型的实验，应该如何抓住他们的共性进行教学，这也是我们下述各节将要陆续探讨的问题。

五、中学物理实验教学的任务

实验教学是物理教学极为重要的组成部分。实验教学与理论讲授相配合，有利于学生对物理概念和规律的正确建立、深刻理