

全国中小学教师继续教育

教材

高中物理学生实验

教育部教学仪器研究所 主编

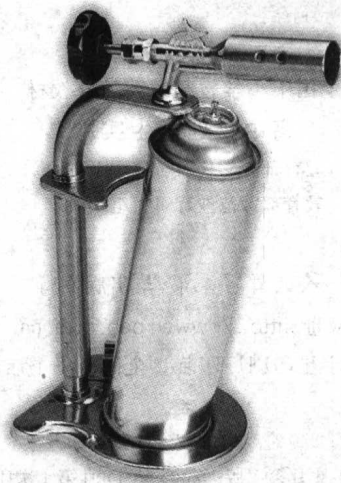
教育部师范教育司 组织评审

人民教育出版社

全国中小学教师继续教育教材

高中物理学生实验

教育部教学仪器研究所 主编
教育部师范教育司 组织评审



人民教育出版社

全国中小学教师继续教育教材

高中物理学生实验

教育部教学仪器研究所 主编

教育部师范教育司 组织评审

*

人民教育出版社 出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京天宇星印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 890 毫米 $\times$ 1 240 毫米 1/32 印张: 16.125 字数: 401 000

2003 年 6 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数: 0 001~3 000 册

ISBN 7-107-14099-X

G·7191 (课)

定价: 22.40 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编: 100081)

前言

全面推进素质教育，是当前我国现代化建设的一项紧迫任务，是我国教育事业的一场深刻变革，是教育思想和人才培养模式的重大进步。实施“中小学教师继续教育工程”，提高教师素质，是全面推进素质教育的根本保证。

开展中小学教师继续教育，课程教材建设是关键。当务之急是设计一系列适合中小学各学科教师继续教育急需的示范性课程，编写一批继续教育教材。在教材编写方面，我司采取了以下几种做法：

(1) 组织专家对全国各省（区、市）推荐的中小学教师继续教育教材进行评审，筛选出了 200 余种可供教师学习使用的优秀教材和学习参考书；

(2) 组织专门的编写队伍，编写了 61 种教材，包括中小学思想政治、教育法规、教育理论、教育技术等公共必修课教材；小学语文、数学，中学英语、物理、化学、生物，小学社会、自然等学科专业课教材。上述教材，已经在 1999 年底以《全国中小学教师继续教育 1999 年推荐用书目录》（教师司 [1999] 60 号）的形式向全国推荐。

(3) 向全国 40 余家出版社进行招标，组织有关专家对出版社投标的教材编写大纲进行认真的评审和筛选，初步确定了 200 余种中小学教师继续教育教材，这批教材，目前正在编写过程中，将陆续出版。我们将陆续向全国教师进修院校、教师培训基地和中小学教师推荐，供开设中小学教师继续教育相关课程时选用。

在选择、设计和编写中小学教师继续教育教材过程中，我们遵循了以下原则：

1. 从教师可持续发展和终身学习的战略高度，在课程体系中，加强了反映现代教育思想、现代科学技术发展和应用的课程。

2. 将教育理论和教师教育实践经验密切结合，用现代教育理论和方法、优秀课堂教学范例，从理论和实践两个方面，总结教学经验，帮助教师提高实施素质教育的能力和水平。

3. 强调教材内容的科学性、先进性、针对性和实效性，并兼顾几方面的高度统一。从教师的实际需要出发，提高培训质量。

4. 注意反映基础教育课程改革的新思想和新要求，以使教师尽快适应改革的需要。

中小学教师继续教育教材建设是一项系统工程，尚处在起步阶段，缺乏足够的经验，肯定存在许多问题。各地在使用教材的过程中，有什么问题和建议，请及时告诉我们，以便改进工作，不断加强和完善中小学教师继续教育教材体系建设。

教育部师范教育司

二〇〇〇年十一月一日

编者的话

物理是各级各类中等学校的一门重要的基础课。在中学阶段，指导学生观察自然现象，在实验的基础上了解和掌握所学物理知识，体会学习物理的正确方法，是激发学生学习积极性，克服教学难点，提高物理教学质量的关键。因此，教师、学生、学校行政领导和教育主管部门，都应该重视实验教学，做好教学仪器设备的配置、实验室建设和管理工作，重视自制教具工作，将实验教学有机地贯穿于教学过程的始终。

由于我国地方大，人口多，各地的师资条件、学生状况及实验仪器设备条件有所不同，开展实验教学要因地、因时、因人而异，采用多种适宜的实验方法和教学仪器。为了给广大物理教师和实验工作人员搞好物理实验教学和实验室管理提供帮助，为学生提供丰富的学习资料，1991年教育部教学仪器研究所物理教学仪器研究室组织了部分省市有经验的中学物理教师、教学研究人员、高等师范院校中学物理教学法的教师、教学仪器各级行政、事业、企业单位的研究人员、工程技术人员和管理人员，共同编写了《中学物理实验丛书》。这套丛书中的初中物理演示实验、初中物理学生实验、初中物理自制教具、高中物理学生实验、高中物理课外实验共5本书2000年经教育部师范教育司组织评审被选定为全国中小学教师继续教育教材。其中每本书各自独立，又互相关联，共同组成一个完整的体系。

这套丛书的编写和出版得到了全国很多省市教育技术装备处（站、公司）以及各位编者所在单位的大力支持。北京大学物理系

教授、全国教学仪器设备研究会名誉会员虞福春先生亲自为丛书撰写序言，提出了十分精辟的见解，给我们莫大鼓励，在此我们致以衷心感谢。

《高中物理学生实验》编写了学生实验 127 个，一些实验又介绍了多种实验方法，希望能为广大教师和学生提供丰富的实验选题和实验方法，能适应各类学校教学改革的需要。在实验内容的安排和叙述上力求详实清楚，以便读者有所遵循。

《高中物理学生实验》由金毅（教育部教学仪器研究所）、张乃文、穆蓉生（成都市教育科学研究所）、郭鸣中（成都市 12 中学）、冯立（教育部教学仪器研究所）、刘天顺（江西省武宁县茶场中学）统编。参加本书编写工作的有：郭鸣中、张乃文、金毅、穆蓉生、卢诗勇（陕西省教学仪器供应管理站）、贾永丰（陕西省丹凤中学）、翟英利（哈尔滨师范大学附属中学）、刘桂荣（天津师范大学物理系）、李伯明、陈湘华（江苏省教育技术装备处）、冯立、王天谔（北京市和平街一中）。下述同志参加了有关章节的编写：杨健（中国人民大学青锋科教仪器厂，2.12，2.40）、李俊伦（四川师范大学物理系，2.10，2.11）、李文涛（四川省邮电学校，4.28，4.29），张秀年（沈阳教学仪器厂，5.11）、温正印（河南省教育生产供应公司，4.10），巫大光（成都教育学院物理系 5.14）。下述同志或单位提供了有关资料：尹崇荣（四川省泸州二中，2.13，2.20）、黄修雄（福建省永泰县大洋中学，2.26，2.35）、福建师范大学光学仪器厂（4.4）。刘天顺对本书草图进行了加工，全书插图由何慧君（人民教育出版社）等绘制。参加本书讨论的有胡名章（安徽省教育学院物理系）、冯容士（上海市风华中学）、田明庚（湖北省黄冈中学）、王泰俊（上海市市北中学）等。刘彬生（北京四中）审查了全书，马葭生（华东师范大学物理系）审查了第一章，段稼祥（陕西省兰田中学）审查了第五章。

本书编写中吸收了国内许多最新的教学仪器和实验研究成果，

也吸收了国外一些好的实验方法。我们的目的是想提供一本内容丰富的高中物理学生实验参考书，并希望以后能不断补充。然而由于我们的水平有限，经验不足，本书难免会有这样或那样的缺点和错误，恳请广大读者给予指正，以便再版时修改。

教育部教学仪器研究所

2002 年 12 月

代 序

《中学物理实验丛书》是提供给我国中等学校物理教师的一套重要的实验参考书，亦可供学生参考。它具有中等学校“物理实验大全”的特点，内容丰富，概括比较广的使用面，可以认为，是当前一项开拓性的新尝试。这套《丛书》对改革当前中等学校物理实验教学，提高物理实验教学水平，培养和提高学生的实验能力和素养，是很有用的。

中等学校物理和物理实验，不具备专业的性质，它是国民文化基础教育的一个组成部分。作为一个国家，特别是像我国这样经济和技术落后的国家，为迎接 21 世纪高技术竞争的挑战，无疑必须对公民加强自然科学中数学、物理、化学、生物等基础知识的教育，把这种教育作为提高全民族文化素质的措施，以适应社会文化经济发展的需要。而在数、理、化、生中，物理学占有重要的地位。这不仅是因为化、生离不开物理，现代应用数学也离不开物理，而且还因为现代高技术的发明，几乎都是来源于物理学上激动人心的重大发现。例子众多，不胜枚举。

物理学是一门实验科学，新的理论是建立在新的实验基础之上的，理论的发展也必须经过实验的检验，才能被公认。现代通讯技术的发展是由于麦克斯韦建立了系统的电磁理论，而后由赫兹实验验证了电磁波的存在。可是人们也许没有注意到，麦克斯韦的贡献，是完全建立在法拉第的实验基础之上而加以发展的。法拉第的实验发现和他所形成的有关电磁现象的物理思想，可以说已经囊括了麦克斯韦的电磁理论的主要思想和规律。美国伟大的物理学家罗

兰 (Rowland) 所以能够刻制精密光栅, 把光谱学研究推向崭新的阶段, 这是由于他致力于精密丝杆的加工技术。以上例子说明, 要发展物理学必须重视实验和实验技术, 后者所占的重要地位是异常明显的。

中等学校物理学教学具有启蒙性质, 更应重视感性知识, 用演示实验来阐明中学生难以理解的概念, 用学生自己参加实验来体验的任何一个物理现象, 都是一个物理过程的终结, 都是有条件的; 改变实现一个物理过程的条件, 将产生不同的物理现象。

学生亲自进行物理实验, 并不同于演示实验, 不能看作是物理讲课的辅助或补充, 而有它的独特作用。学生根据自己的体验, 自由地去实现或创造一个物理过程的实现条件, 研究一个物理过程发展的细节, 观察到所预期的现象, 这对培养学生分析问题解决问题的能力, 是非常重要的。让学生把实现或改变一个物理过程的条件, 掌握在自己的手里, 有利于启发学生对物理实验的兴趣, 激励他们的主动精神, 也是重要的教育方法。

如上所述, 只有亲自实践, 才能对物理现象和规律及其进行的过程, 有深入了解和体会, 才能不失时机地抓住意想不到的异常现象, 加以分析, 从而有机会发现新的物理规律。所以, 实验能力和素养, 虽然也需要理论基础, 但和书本知识不同, 是长时间直接经验的积累。这种经验积累过程, 不能靠新奇实验的刺激, 有时确是非常枯燥乏味的, 而许多重大发现, 就是在这种枯燥乏味的实践中出现而被抓住的, 这就需要培养锲而不舍的进取精神, 在这种精神的支配下形成敏锐洞察现象的能力。这种对现象的敏锐洞察力的素质, 并不能一朝一夕形成, 更不是天才的产物, 而是可以在青少年的基础教育过程中加以培养的。

我认为, 物理实验是重要教育手段之一。教师可以利用《丛书》所提供的丰富内容和实验方法, 启发学生对物理实验的兴趣, 激励学生自己实践的主动性, 使之有强烈动手的热情, 用这种启蒙

方法以达到上述教育的目的。学生对实践有了亲切的感情和经验，就能迈出书斋，走向社会，发挥和不断提高自己的工作能力和作用。

目前全国中等教育发展很不平衡，层次也较复杂，实验设备条件也有很大差异，显然不能强求一律。这套《丛书》所提供的实验内容和方法，没有受哪一类中等学校物理大纲的约束，在深度和广度上大大超越任何一类中等学校物理实验的要求。可以说，这套《丛书》是一个“实验知识库”，便于教师灵活选择使用，以适应各类各层次中等学校的实际需要，在当前中等学校物理教育改革中能够为不断提高中等学校物理实验教学质量开辟途径。如果一个学校的实验设备条件允许的话，教师可以从《丛书》中选择适当的实验和方法，采取灵活多样的方式，让学生多亲自实践，以达到我前面所讲培养学生独立思考和工作能力的目的。这对学生将来接受专业教育、职工技术教育或者走向社会，成为有用的人才，都是有益的。

最后我希望，这套《丛书》的出版，能为教师提供有用的参考资料，能帮助教师克服当前中等学校物理实验教学的弊端——受固定的教学大纲死板框框的束缚，把学生对实验的积极性僵化在若干个死板的实验范围内，按部就班去完成，从而促使中等学校的物理实验教学出现新的面貌。

虞福春

1988年8月30日

前 言

由于本书的宗旨是给相当于高中阶段的学生物理实验教学提供一本内容丰富、方法多样、深浅可以选择的教学参考书，所以我们在编写中，注意不受教学大纲、教材的限制，力图从中学生的实验能力的“最近发展区”出发，编入和设计了相当数量中学生力所能及的实验，特别是使用国内新出现的教学仪器的实验，以便使读者有一个较大的选择范围。

本书学生实验的设计和编选，遵循了这样几个原则：1. 要突出实验的设计思想和研究方法。好的学生实验，首先在于其巧妙的构思，能够鲜明地反映出实验的物理思想，注意培养学生探索性的学习方法，从而达到发展学生智能的目的。2. 要有利于学生实验技能的训练。学生实验的一个重要特征是学生通过动手与动脑的结合，达到提高实验素质，加强技能训练的目的，没有技能训练的实验就不是合适的学生实验。3. 应有一定的定量要求。学生实验不仅要展现物理过程的现象，学生自己观察，还要进行定量的测量，包括实验误差的分析。学生只有在对物理现象能够进行定量描述时，才能深入地理解物理知识，总结出有关的物理规律。4. 符合安全要求。中学生正处于长身体的青少年时期，实验能力和经验的获得也有一个过程，这就要求学生实验的方法选择、仪器的选用都应从安全角度加以考虑。

本书实验的叙述中，采用了〔目的和要求〕、〔仪器和器材〕、〔实验原理〕、〔实验方法〕、〔注意事项〕、〔参考资料〕、〔思考题〕几个栏目，由于每个实验的情况不同，这些栏目不是都有的，内容

的多少也不一样。其中，[仪器和器材]中，凡是数量1个的都未标出，凡有J××××型的都是教育部定型产品。[实验原理]栏目中叙述了该实验的理论依据，它或者表现为物理规律，或者表现为实验的设计思想。有一部分学生实验，实验原理在教材中叙述很清楚，或者实验原理比较简单，因而省去了该栏目。[注意事项]中指出了该实验中所必须注意的实验方法、仪器的使用方面的问题。[参考资料]中编入了帮助理解有关实验知识、一些简易的替代器材和一些新的实验方法。为了帮助读者更好地理解实验，在大部分实验中编选了一些[思考题]，可供选用。

为了使读者对高中学生实验有深入的认识，从总体上把握实验教学，提高实验水平和素养，我们将中学物理学生实验的要求、过程及误差的基础知识等内容作为第一章绪论中的内容，这种尝试是否恰当，恳请读者批评指正。

目 录

前言	1
第一章 绪论	1
1.1 高中物理学生实验课的目的和要求	1
1.2 实验的过程	4
1.3 测量误差	7
1.4 直接测量结果及其偶然误差的估计	11
1.5 间接测量结果误差的估计	14
1.6 有效数字	17
1.7 实验数据的处理和分析	19
1.8 练习分析实验数据	22
第二章 力学	28
2.1 长度的测量（一）——用视差法测大距离	28
2.2 长度的测量（二）——用光学测微计测微小距离 ...	32
2.3 长度的测量（三）——游标卡尺的使用	36
2.4 长度的测量（四）——外径千分尺的使用	42
2.5 研究滑动摩擦现象	47
2.6 研究有固定转动轴物体的平衡条件	52
2.7 分力与合力关系的研究	55
2.8 力的平行四边形定则的应用	57
2.9 力学实验中的时空定位（一）——练习使用电磁打点计 时器	60

2.10	力学实验中的时空定位（二）——练习使用电火花计时器	66
2.11	力学实验中的时空定位（三）——练习使用电火花描迹仪	72
2.12	力学实验中的时空定位（四）——气垫导轨及数字计时器的使用	75
2.13	力学实验中的时空定位（五）——轨道小车和磁控电子秒表的应用	89
2.14	研究匀变速直线运动（一）	94
2.15	研究匀变速直线运动（二）	100
2.16	研究匀变速直线运动（三）	104
2.17	研究加速度与力及质量的关系（一）	106
2.18	研究加速度与力及质量的关系（二）	111
2.19	研究加速度与力及质量的关系（三）	117
2.20	研究加速度与力及质量的关系（四）	119
2.21	测定自由落体的重力加速度	123
2.22	研究平抛物体的运动（一）——平抛运动实验器法	128
2.23	研究平抛物体的运动（二）——碰撞实验器法	131
2.24	验证向心力公式	137
2.25	验证动能定理（一）——电磁打点计时器法	144
2.26	验证动能定理（二）——正碰实验器法	147
2.27	验证机械能守恒定律（一）——自由落体运动	151
2.28	验证机械能守恒定律（二）——斜面上的运动	155
2.29	验证机械能守恒定律（三）——竖直弹簧振子的运动	159
2.30	验证动量定理	161
2.31	验证动量守恒定律（一）——非弹性碰撞	165
2.32	验证动量守恒定律（二）——碰撞实验器法	171
2.33	用冲击摆测弹丸的速度	174

2.34	研究弹性碰撞 (一)	177
2.35	研究弹性碰撞 (二) —— 正碰实验器法	180
2.36	由能量守恒测定飞轮的转动惯量	183
2.37	等面积定律	185
2.38	惯性质量和引力质量	189
2.39	验证弹簧振子的周期公式 (一)	194
2.40	验证弹簧振子的周期公式 (二) —— 气垫导轨上的实验	198
2.41	研究简谐运动的位移规律	200
2.42	用单摆测定重力加速度	203
2.43	共振曲线的测定	205
2.44	测定音叉的频率	207
2.45	测定声波的波长	211
2.46	研究在张力不变时, 振动频率与弦线长度的关系	216

第三章 热学 221

3.1	玻意耳定律	221
3.2	查理定律	224
3.3	估测绝对零度	227
3.4	理想气体状态方程	230
3.5	测定固体的线膨胀系数	234
3.6	研究液体的体膨胀	238
3.7	表面张力系数的测定	240
3.8	测定冰的熔化热	244
3.9	观察水的沸腾过程	246
3.10	测定水的汽化热	249
3.11	热功当量的测定 (电热法)	252
3.12	测定空气的相对湿度	254

第四章 电磁学	260
4.1 验证库仑定律	260
4.2 电场中等势线的描绘	270
4.3 利用电容器放电测电容	274
4.4 密立根油滴实验	279
4.5 研究滑动变阻器在电路中的作用	286
4.6 研究电阻的串、并联电路	290
4.7 测定金属的电阻率	294
4.8 把检流计改装为电压表	298
4.9 把检流计改装为毫安表	304
4.10 闭合电路的欧姆定律	306
4.11 用电流表和电压表测定电池的电动势和内电阻 ...	312
4.12 研究路端电压与外电路电阻的关系	316
4.13 研究电源的输出功率与电源效率	318
4.14 小灯泡的伏安特性研究	322
4.15 练习使用多用〔电〕表	325
4.16 研究直线电桥的平衡条件	330
4.17 用惠斯通电桥测电阻	333
4.18 用惠斯通电桥测检流计的内阻	335
4.19 用电势差计测电源的电动势	337
4.20 研究并测量干电池的内电阻	341
4.21 测定铜的电化当量和法拉第常量	346
4.22 示波器的使用	349
4.23 用天平法测量磁感应强度	354
4.24 研究磁场对电流的作用力	361
4.25 研究直线电流的磁场	365
4.26 用探测线圈研究螺线管的磁场	368
4.27 用电流天平研究两平行载流直导线间的相互作用 ...	372