

ZHONGXUE WULI JIAXUE CANKAO



《中学物理教学参考》

物理实验教学

湖南教育出版社

中学物理教学参考

主 编： 间 金 铎

物理实验教学

刘 炳 升

湖南教育出版社

物理实验教学

刘炳昇

责任编辑：董树岩

湖南教育出版社出版（长沙市展览馆路14号）

湖南省新华书店发行 湖南省益阳湘中印刷厂印刷

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

字数：80,000 印张：4.125 印数：1—8,000

统一书号：7284·559 定价：0.51元

前 言

物理教学过程，是物理教师通过各种途径（以课堂教学为主，辅以课外活动和其他渠道）使学生掌握物理学基础知识，提高观察实验能力、思维能力、分析问题和解决问题能力，促进学生形成辩证唯物主义世界观的过程。

在物理教学中应当突出：一观察、实验；二思维；三运用。

观察、实验是获得知识的源泉，其目的是了解物理现象，取得资料，发掘问题。这是学习物理的基础。

思维是加工过程，是根据所了解的现象和取得的资料，进行比较、分析、综合、概括，或根据已知的论断进行逻辑推理，建立概念，发现规律。这是学习物理的核心。

运用是目的，运用所学知识说明、解释现象，分析、解决有关简单的问题。也就是说，把所学的知识变成学生自己的实际行动。这是学习物理的效果。

至于教师和学生采取什么样的工作方式和方法来达到物理教学目的，完成物理教学任务，这要取决于具体的教学内容和要求、学生的年龄特征和已有基础，以及教学环境、条件等。然而，无论采用什么样的教学方法，都应有利于启发学生动手

实践，积极思维。使学生对学习物理有浓厚的兴趣，饱满的情绪，攻关的意志，落实到使学生善于观察，勤于实验，积极思考，掌握物理学的基本概念、基本规律和基本方法。在使学生掌握知识过程中，应立足于培养学生观察、实验能力，思维能力，分析问题和解决问题的能力。

按照教学内容的不同，物理课可以分为概念教学、规律教学、习题教学、实验教学等主要类型。虽然各种类型的物理课都必须服从中学物理教学总的目的和任务，但是，它们又各有不同的特点。因此，在达到教学目的和完成教学任务上，又必须采用不同的途径和方法。作为一名中学物理教师，认真探讨各种类型的物理课的特点，掌握其教学的基本规律，这对开展教学研究，提高教学水平的确是一项十分有意义的工作。

湖南教育出版社组织了一批教有经验，学有专长的物理教师，编写了一套物理教学小丛书，共包括《物理概念教学》、《物理规律教学》、《物理习题教学》、《物理实验教学》等四本。丛书根据中学物理教学的目的和任务，认真而深入地探讨了四种类型物理课的教学规律，并对其中重要的课题提出了颇有见地的教学意见，的确是一套值得中学物理教师阅读的教学参考书。教师结合自己的工作，认真领会书中的基本观点，一定会使教学和教研水平得到提高。

愿《中学物理教学参考》丛书在提高中学物理教学质量上发挥应有的作用。

阎金铎

1985年2月

目 录

第一章 实验在物理教学中的重要意义	(1)
第一节 实验是物理学研究的科学思想方法	(1)
第二节 实验是完成物理教学任务的坚实基础	(8)
第二章 中学物理实验教学的任务和实验能力的规范 ...	(12)
第一节 理解实验方案、组织实验资料的能力	(12)
第二节 实验观察能力	(16)
第三节 操作能力	(19)
第四节 进行数据处理的能力	(27)
第五节 编写实验报告的能力	(32)
第三章 物理实验教学的基本要求	(37)
第一节 充分调动学生的主动性, 培养浓厚的兴趣	(37)
第二节 实验与理论密切结合	(40)
第三节 严格要求, 加强实验技能训练, 培养良好的 实验习惯	(47)
第四节 贯穿实验思想方法和教育, 培养实验研究能力	(49)
第四章 实验教学的基本方法	(57)
第一节 实验教学体系	(57)
第二节 演示实验的教学方法	(68)
第三节 课内学生实验的教学方法	(80)
第四节 课外学生实验的教学方法	(96)
第五节 实验教学的考核	(117)

第一章 实验在物理教学中的 重要意义

物理实验是人们在人为控制条件下利用科学仪器、设备,使物理现象反复再现,从而有目的地进行观测研究的一种方法。在物理学研究中,应用物理实验的目的就在于建立物理概念、发现物理规律,并使其理论在实践中得到应用。在物理教学中,运用物理实验的目的,就在于创造学习物理的环境,使学生主动地获取物理知识,发展能力,并促进他们建立科学的世界观。实验是物理学研究的科学思想方法,也是完成教学任务的坚实基础。物理教学必须以实验为基础。

第一节 实验是物理学研究的 科学思想方法

为什么物理教学必须以实验为基础,这首先是由物理学本身的特点决定的。实验在物理学发生和发展的过程中起着十分重要的作用,而实验成为物理学研究的科学思想方法,又是物理学发展的必然结果。

早在公元前二世纪,古希腊的学者阿基米德就通过实验发

现了杠杆原理，传说他在锡拉丘兹城河岸把皇家巨轮拉向岸边，“假如我能立足于另一世界，我就能移动地球”的壮语震撼欧洲。他还通过实验发现了浮力定律。后来由于教皇的黑暗统治，自然科学的发展几乎终断了二千年之久。直到十六世纪，欧洲文艺复兴时期以后，经过达芬奇、开普勒、哥白尼、伽利略等代表人物的奋斗，使过去孤立的实验手段发展成为系统的实验研究方法。特别是在伽利略时期，实验研究的方法已达到了成熟的阶段。他创立的实验研究方法可以归纳为：观察、实验、假设，运用推理建立理想实验，运用数学方法建立数学模型（包括公式），运用实验方法加以验证，再对假设进行修正补充，使之完善为理论。伽利略运用这种方法发现了落体定律、惯性定律、运动相对性原理等等。他是实验力学的创始人，他有许多发现，但他的伟大不仅在于他有许多发现，还在于他使人们认识新的研究方法——实验方法。自伽利略开辟了以实验研究为基础的航道以来，物理学的航船才真正开始扬帆远航。十七世纪，牛顿完成了经典力学的科学体系，是在他的前人和他本人的实验基础上完成的。十八世纪奥斯特做了通电导线磁现象的实验，唤起了以后的科学家研究电磁的联系，法拉第坚持探索电磁感应的实验达九年之久，并经过二十九年的时间完善了电磁感应定律，为人类社会进入电力时代打开了大门。在奥斯特、安培、法拉第等人的实验定律的基础上，麦克斯韦以惊人的才华建立了电磁统一理论。十九、二十世纪，物理学在实验科学的推动下，更为迅速地发展起来……

考查一下十六世纪以来物理学发展的踪迹，可以看到物理

学的每一项重大的发展都是和实验的突破息息相关的。

为什么物理实验研究的方法在实践中具有如此巨大的威力？

仔细考查物理学家进行实验研究的基本方法，可以归纳出实验研究具有两个极其重要的思想特征：

一是能动性的特征。实验研究方法是人类能动地认识和改造自然界的武器，其能动性体现在如下方面：第一，在这种实践活动中，科学家是带着明确的目的进行的，不是在做盲目的摸索；第二，科学家设计巧妙的实验方案，把复杂的条件简化和纯化，并人为地控制实验条件；第三，运用实验仪器扩大人们的观察能力，探索人们所不能直接观察到的现象；第四，运用思维的能动作用，揭示物理的规律和能动地应用物理理论。

二是理论和实践密切结合。伽利略开创的实验研究方法，既不是单纯的理论研究，也不是单纯的经验积累，它是理论与实践结合的科学方法。下面，我们以伽利略对自由落体运动的研究为例，来作一说明。

从公元前四世纪到公元十六世纪的近两千年内，人们都信奉亚里士多德的学说，认为物体下落的快慢是由它的重量决定的，“重物比轻物下落得快”。伽利略从荷兰科学家西蒙·史特芬于1587年做过的大小不同的两个铅球同时落地的实验中得到启发，首先用反证的方法起来揭露亚里士多德学说的内在矛盾。他说：“如果亚里士多德的理论成立，把两个物体用线连在一起下落，那么轻的物体就会被重的物体拖着而变快，重的物体将被轻的物体拖着而变慢，而两个物体加在一起比原来的

重物更重，因此它们下落应当比原来的重物更快。”这样，就从同一命题导出了自相矛盾的结论。可见亚里士多德的观点不能成立。伽利略并没有停留在从理性推论驳倒错误观点的阶段，他还为揭示自由落体的规律做了大量的工作。首先，他凭直觉思维做了大胆的猜测，认为自由落体运动是一种匀加速直线运动。他巧妙地运用数学工具把当时无法测定的即时速度和短暂时间的关系转化为可行的研究距离和时间的关系，并且用斜面的方法“冲淡引力”进行实验。他在7米长的木板上刻一条直槽，沿槽贴上牛皮纸以减小摩擦，在板的一端底下垫高60厘米，使板倾斜，然后把小球从斜面的高端放下，用当时所惯用的水钟计时，再改变倾角，经过多次实验，验证了小球通过的路程总与时间的平方成正比。从而证实了斜面上的小球作匀加速直线运动。在这个认识的基础上，伽利略运用理想实验的思想方法推论，当斜面倾角增大到 90° 时，小球应仍然作匀加速直线运动，路程 $s = \frac{1}{2}at^2$ 。

由上面这个例子可以看到，在伽利略创立的方法中，理论与实践联系得何等紧密。爱因斯坦赞誉道：“伽利略的发现和应用的科学推理方法是人类历史上最伟大的成就之一，而且标志着物理学的真正开端。”

在这种方法中，理论与实践的关系是辩证的统一。以实验为基础并不意味着理论永远走在实验的后面。例如，牛顿发现了万有引力定律，计算出宇宙间的第一个普适恒量，但这个理论只是在提出以后才为卡文迪许的实验所证实，并导致了海王

星、冥王星的发现。麦克斯韦在奥斯特、法拉第等人实验的基础上，提出了位移电流的假说，并引进了法拉第涡旋场的概念，统一了电磁理论，预示了电磁波的存在，直到他去世20年后，才为赫兹的实验所证实。

正是由于理论与实践的对立统一，促进了物理学的发展。就拿人们对物质结构的一般认识史为例吧。十九世纪后期盖勒发现了阴极射线，到汤姆逊测出组成阴极射线粒子的荷质比，从而证实了电子的存在，宣告了原子不可分论的破产，但原子是怎样组成的，人们并不清楚。汤姆逊提出了“西瓜”式的模型，但这个模型是否正确呢？直到二十世纪初，卢瑟福等做了有名的 α 粒子散射的实验，才否定了“西瓜模型”。原子有核模型提出来了，以后以玻尔为首的物理学家，通过研究氢原子光谱的实验又揭示了卢瑟福模型的内在矛盾，提出了电子轨道量子化的假说和“玻尔模型”，玻尔理论在解释氢原子光谱问题上获得了很大的成功，但在处理更复杂的原子问题时，理论和实验相差很大，遇到了不可克服的困难，于是量子力学应运而生……

至此，我们花了很多笔墨回顾物理学的发展，得到的启示是明确的：实验是物理学研究的科学思想方法。实验不仅作为一种技术性的手段，更重要的是作为一种思想在理论发展中起作用。可以说实验的作用贯穿在理论发展的全过程中，理论与实践的对立统一，促进了物理学的发展，因此，从某种意义上说，这种对立统一是物理学发展的动力。我们应当站在这样的高度来看问题。如今物理学实验研究的思想已不是物理学独有

的了，它早已渗透到化学、生物、教育、心理甚至社会政治生活的领域。以上是物理教学要以实验为基础的原由。

第二节 实验是完成物理教学任务的坚实基础

中学物理教学的目的和任务是通过物理基础知识的传授和对能力的培养，有效地具体贯彻党的教育方针，培养全面发展的人材，而离开了实验，这些任务是无法完成的。

一、实验是学生认识物理概念、规律的基础

诚然，科学家的研究和物理教学不是一回事，前者是探索尚未发现的规律的过程，后者是认识前人早已发现的规律的过程，但是对学生而言，后者仍是由不知到知的过程，因此都必须遵循认识论的规律。

物理实验是为学生提供感性素材的重要途径。当然生活也能提供感性素材，但这些素材通常总是寓于复杂的运动形态之中，物理的、化学的、生物的现象等交错在一起，力学的、光学的、电学的等等现象交错在一起，本质的、非本质的、偶然的和必然的因素交错在一起。显然通过这些感性素材来使学生建立物理概念和认识物理规律是相当困难的，有时甚至会形成错误的认识。因此，主要通过实验创造学生学习物理的环境，这是不难理解的。

实验在认识过程中的作用还不仅是提供感性素材。它不是被动的，它可以起刺激思维和引导思维的作用，这种作用贯穿

在学生建立、巩固、深化和运用物理概念、规律的过程中。例如，在学习惯性定律之前，几乎所有的学生都认为物体的运动需要力来维持。这一点也不奇怪，亚里士多德的观点就统治了两千多年。为了使建立正确的概念，用实验是很好的方法。首先用手把静止的木块推动起来，随即停止推动，木块即停止下来。“有力就有运动，无力就没有运动”，学生的错误观点暴露出来。接着让学生观察小车不受推力以后继续向前运动的现象。“无力未必就不运动”，学生开始对原有的观点产生怀疑，并且从木块和小车与桌面接触方式的不同开始意识到可能是摩擦的因素在起作用。然后再探索摩擦因素的影响，让学生先观察小车在不同粗糙程度的表面上运动的现象（控制初始条件一样，先粗糙后光滑），最后通过理想的实验，使学生认识了“力不是维持物体运动的原因”。在这个过程中可以看到，随着实验的深入，学生的思维也逐步深入。正是由于发挥了实验在教学中的能动作用，学生才不需要再走历史上漫长的探索道路，而建立起正确的认识。

二、实验对培养学生能力起重要作用

要完成物理教学的目的、任务，一是抓“打好基础”，二是抓“培养能力”。当代教学思想革命的精髓在培养学生的能力，使学生成为学习知识和驾驭知识的主人。因此，物理教学在立足于传授知识的同时，要放眼于能力的培养。在物理教学中，如何有效地培养学生的能力，这是物理学的特点和物理教学的规律决定的。

研究物理现象，只能从观察开始，而且主要是从实验观察

开始，从观察获得感性认识要上升到理性认识必须依靠思维，在实验的过程中又必须手脑密切结合，因此实验对培养学生的观察能力、思维能力、手脑并用的能力、运用物理科学基本方法的能力等都有重要的意义。

1. 实验与观察能力的培养。

在教学中培养学生的观察能力是一个不容忽视的重要任务。这是因为：①观察是获取感性认识的途径，是进行思维加工的前提；②具有观察的能力是学生今后从事研究和革新必不可少的素养。实验是提高学生观察能力有效的途径。这是由于实验有磁石吸铁般的生动性，丰富的变化性，有能够引起各种感官的刺激因素，与理论有密切联系，以及与各种仪器的定量测量有密切关系等。例如，让学生观察平抛运动的闪光照相时，就使学生学到了“先从整体观察，获得大致轮廓印象，再从各个侧面和各种细节进行细致观察，找出主要特征，进而注意各方面、各局部联系，最后获得一个较全面和深刻认识”的

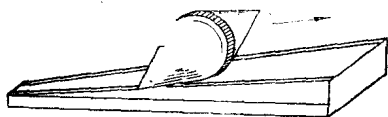


图 1—1

观察方法。又如，让学生观察如图 1—1 所示的圆锥上转体的实验：把双圆锥形转体放在倾斜的不平行的双

轨上（高端的间距大），让学生猜测旋转体将向哪个方向滚动。由于倾斜轨道的表面特征给学生造成假象，学生们都毫不迟疑地预言旋转体将向轨道的低端滚下，但演示的结果恰恰与他们的预言相反。让学生看看轨道的正面和顶面，再看看旋转体是怎样与轨道接触的，他们就会明白，旋转体的运动并没有

违反物体的重心由高向低，即势能由大到小的规律。通过这个实验，教育了学生，在观察事物各部时必须明察秋毫，在观察整体时必须把各部分联系起来，切忌粗枝大叶和坐井观天，也培养学生透过表面现象发掘事物本质特征的能力。

2. 实验与思维能力的培养。

思维能力是诸能力的核心，认识论上的两个质的飞跃需要通过思维活动来完成，观察能力、探索能力的培养都与思维能力培养有密切的关系。实验正是培养思维能力的有效途径一。

(1) 实验是在人为控制的条件下进行的，它是对自然现象的去粗取精过程，其过程本身就是对学生思维的最好训练。例如在电磁感应教学中，产生感生电流的条件究竟是什么？怎样把那些次要的偶然的因素排除到可以忽略的程度？又怎样用形象的物理模型来描述出电磁感应的规律？这里包含着丰富的分析、综合、归纳、演绎的思维活动过程，对培养学生的形象思维和抽象思维能力是很有益的。

(2) 实验中有极丰富和生动的现象，它对调动学生的思维积极性和训练学生的思维方法能起到意想不到的作用。例如，我们用如图 1—2 所示的实验装置演示：首先取两只外形一样的塑料球（可以用装中药丸的塑料球），一只球可以浮在水面上，一只球沉在水底，把它们分别放在转架两边的空量筒里。一转动转台，两只球都向外运动。再把量筒里注满水，转动转台，即出现一只球向外，一只球向里的现象。为了解释这个现象，学生不能用简单的类比，必须符合逻辑地进行类比、分析、综合的思维活动。

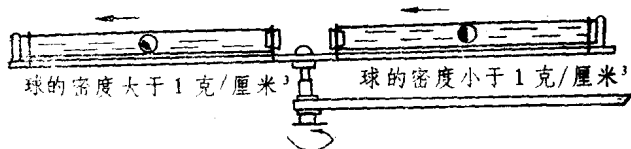


图 1—2

(3) 分析实验现象需要借助于数学工具，处理实验数据更离不开数学工具。例如，在做闭合电路的欧姆定律的实验

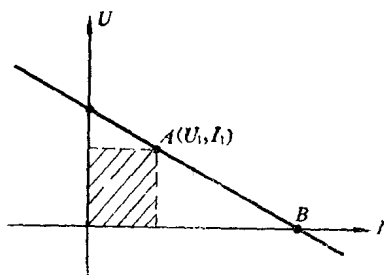


图 1—3

时，学生描出了 $U-I$ 图线（如图 1—3），可以围绕这个图线提出下列问题： a 。图线在 U 轴和 I 轴上的截距各表示什么？ b 。图线的负斜率表示什么？ c 。图线下的总面积表示什么？以对应

坐标为边长的矩形面积表示什么？ d 。图线向第二象限延伸后，你想象一下可能它反映的是什么情况下的规律？或者提出怎样测电源电动势和内电阻，怎样用这个图线研究电源的输出功率和效率等问题。这样做不仅对促进学生理解物理概念有帮助，而且对培养学生抽象思维也有利。

3. 实验与动手能力的培养。

动手能力，更确切地说是手脑并用的能力。这种能力的培养体现在把实验的设计思想转变为现实的实践活动中。这些实践活动包括使用仪器、排除故障、动手变革、发明创造等等。无疑，通过实验是理论运用于实践的最好的训练途径。在实验

活动中，学生面临的是活生生的丰富的现象，会出现许多意想不到的问题，这是单纯的书本学习所不能比拟的。

三、实验教学有利于培养学生良好的道德素养和科学作风

通过实验能够有效地激发对物理的兴趣，进而转化为对科学的热爱。要想取得实验的成功，必须把各项活动安排得井井有条，一丝不苟，来不得半点虚假，这对培养学生实事求是和严谨的科学态度是有益的。另外，实验的过程也不总是一帆风顺的，它在磨炼着学生的意志，加之实验中确实存在着丰富的辩证唯物主义因素，对学生科学世界观的形成起促进作用。我们不可轻估实验在这方面的作用，它较之于使学生掌握一些具体的知识技能更为重要。当然它不能脱离具体的知识技能的学习过程而单独存在，是属于实验总体的影响。我们常常看到一些青少年时期就酷爱实验和科技活动的学生，他们往往在工作的岗位上爱好钻研和创造，精神世界充实而不空虚，有实干精神，这正是社会主义四化建设所需要的人才。

综上所述，在物理教学中必须而且也只能以实验为基础，实验并不是可以采用也可以不采用的教学手段，因为实验是物理学研究基本的科学思想方法，也是自然科学研究的基本方法，加强实验不仅是传授知识的需要，而且是培养能力和良好品德素质的需要。我们应当从培养四化建设所需要的全面发展的人才出发来认识实验教学的意义。只有这样，才能在任何困难和干扰面前，坚持提高物理教学质量的正确方向。