

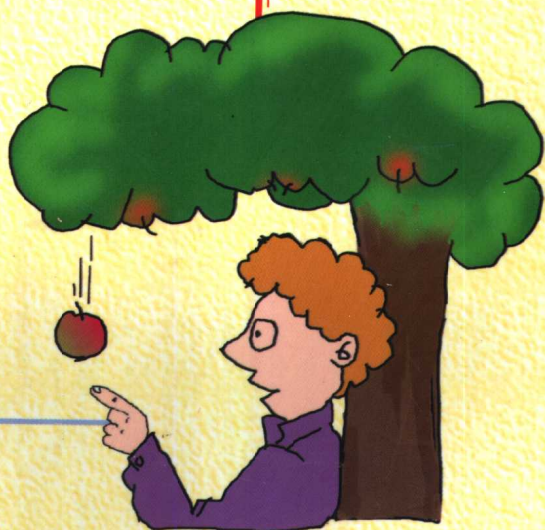
中央教科所 北京师范大学专家指导

中学物理

2012.12

创新

教法



主编 王棣生

实验改革指导

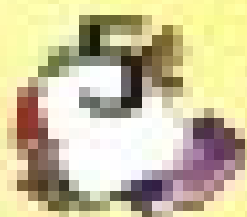
学苑出版社

中学物理

教师用书

创新

教法



实验改革指导

实验改革指导

中国出版集团

王康生 ❖ 主编

S
h
i
y
a
n
G
a
i
g
e
Z
h
i
d
a
o

实验改革

指导



学苑出版社—

SAH/67/92

图书在版编目(CIP)数据

中学物理创新教法/王棣生主编.-北京:

学苑出版社,1999.6

ISBN7-5077-0748-2

I. 中… I. 王… III. 物理课-教学法-中学
IV. G633.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 25479 号

学苑出版社出版发行

北京市万寿路西街 11 号 100036

北京英杰印刷厂印刷 新华书店经销

850×1168 32 开本 39 印张 600 千字

1999 年 8 月北京第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:00001—12000 册 定价:58.00 元

目 录

第一章 实验改革的基本要求

科学实验的思想	(1)
实验教学系统的结构	(5)
实验教学系统的特征	(6)
强化实验教学	(8)
教学如何体现以实验为基础	(12)
实验教学的美感功能	(17)
初二实验常规要求	(21)
加强实验的途径	(24)
实验教学的改革	(28)
王大年实验教学	(33)
李书敏实验教学	(37)
学生实验教学目标	(40)

第二章 实验思维与技能

实验思维方法	(46)
--------------	------

实验教学中的思维训练	(50)
田心臣实验中发散思维的培养	(55)
创造型人才的培养	(59)
敛散思维的培养	(67)
创造性思维的培养	(72)
学生的实验能力	(78)
包子铨中学物理实验能力	(81)
卢锦亮中学物理实验能力	(85)
梅应红中学物理实验能力	(89)
中学物理学生实验技能	(91)
学生实验动作技能模式	(97)
实验中的九种观察	(101)
实验观察能力五个环节	(105)
实验中的九种测量方法	(110)

第三章 实验教学设计与管理

仪器的使用要求	(113)
课文中的小实验特点	(118)
课文中的小实验类型	(120)
演示实验与学习心理	(122)
自行设计演示实验的八条原则	(129)
实验设计七法	(133)

实验教学情境设计	(136)
加强演示效果十法	(139)
演示过程中的“五忌”	(143)
演示实验“六忌”	(146)
按“设计思想”进行物理实验	(149)
实验探索法	(153)
探索性实验教学	(156)
学生实验设计能力	(161)
实验室的“软环境”	(164)
乡初中实验中心管理	(166)
仪器的目标教学管理	(171)
实验操作考试的目标与步骤	(173)
实验考核方法	(179)
初中物理实验考核方法	(182)

第一章

实验改革的基本要求

● 科学实验的思想

为什么要做实验?这个问题,每个实验者在实验过程中自觉或不自觉地都做出了回答。从宏观上说,这是指科学实验、生产实践、理论假说三者关系如何;科学实验对生产实践与理论假说究竟能起什么作用。从微观上看,每一个实验总是在一定的思想指导下进行的。

科学实验是在一定历史条件下产生并发展起来的。人们对科学实验的认识,也是随着社会发展而逐渐形成的。国家教委教学仪器研究所何圣静、赵蕙英老师从自然观和科学观上探讨了科学实验思想。

我国是世界文明发达最早的国家之一,我国古代做的科学方面的实验并不少。“为了验证观测现象”的这种科学实验思想,在我国古代是一种具有普遍性的典型思想。由于自然界中的许多现象,或者发生在离我们十分遥远的空间中;或者自发发生的进展太慢从而所需时间过长;或者其产生需要比较

苛刻的条件;或者其本身所固有的性质不可能被感官直接感知。因此人们往往要借助仪器和通过实验来定量地观测某个自然现象,以便确认观测事实。正是在“验证观测现象”这一思想指导下,中国古代科学家通过实验,得到了许多名列世界第一的发现。例如,早在秦汉之前,人们通过感官的直接观察,已经知道有“同声相应,同气相求”的现象。为了验证这是观测事实,北宋著名科学家沈括(1031~1095)设计了一个用纸人置于琴弦上进行声共振的实验,证明了声音共振现象是一个观测事实。这个实验比英国人 W·诺而乐等人做的类似实验要早 6 个世纪。

为什么要做实验?为了验证观测事实,还只是停留在自然界的现象上。因此,并没有全面地回答这个问题。

现象不同于本质,有的现象和本质不一致。中国古代的多数实验是验证观测事实的,而揭露感觉假象实验非常有限。我们认为,通过实验,既要验证观测事实,又揭露了其中的感觉假象,这就抓住了本质,完成认识上的一次飞跃。这是做实验的根本目的。

就以沈括《梦溪笔谈》中属于自然科学技术方面的 200 多条文来说,其中有 15 条是经过实验而得出结论。但在这 15 条中,也只有 1 条是揭露感觉假象的,这就是他巧妙的设计,用“一弹丸,以粉涂其半,侧视之,则粉处如钩;对视之,则正圆”。这个简单的实验揭露了“月发清光”、“月形如扇”两个假象,使人们理解了“月形为球且不发光”的本质。

自从文艺复兴以后,15 世纪下半叶开始,欧洲的资本主义生产获得了迅速发展。工业生产的发展为科学实验的顺利进行,提供了必要的仪器、工具的物质手段;此外,经验和知识也有了相当的积累。从此,实验科学才有了可能的条件。

马克思把英国的弗兰西斯·培根(Francis Bacon, 1561~

1625)称为“英国唯物主义和整个现代实验科学的真正始祖”。培根是近代实验科学在思想上的创始者,他认为科学应该是实验的科学,强调把感性认识同理性认识结合起来。伽利略是“打开近代科学大门的大师”,他开创了近代科学实验思想。他做实验的主导思想是揭露感觉假象,从而把握自然界的本质的规律。例如,人们感觉经验似乎认为,要使一个物体维持运动就必须对该物体施力,神学家们把这种感觉经验作为“天体保持运动必须有天神继续不断的推动”这类谬说的依据。伽利略通过实验揭露了这一感觉假象,证明一个物体如不受外力作用,将仍然保持它原有的匀速直线运动不变。再例如,人们在实际生活中,从高处同时丢下一块石头和一张纸,从现象上看,石头确实比纸下落得快,重物体比轻物体落得快。但是,伽利略通过实验否定了这个假象。伽利略做实验当然也要确证观测现象,但不是把观测到的现象简单地在实验中再现或放大,主导思想是要揭示出与现实世界有所不同的本质世界。

任何重大的科学实验,一方面既具有促进生产实践的功能,另一方面又具有判定理论假说的功能。在西方的近代科学发展中,有着“提出假说—实验检验—提出新假说—设计新实验……”促进科学进步的机制,如通过伽利略等人的一系列实验,地心说被彻底抛弃,日心说胜利确立;接着有牛顿万有引力假说的提出,并由此引起包括发现海王星的天文观测在内的一系列实验,以对牛顿学说作出判定;牛顿之后,又有普朗克量子假说以及爱因斯坦光速不变和狭义相对论假说的提出,从而又引起一系列判断性实验的设计等等。

理论假说和实验的对立统一,成为现代科学发展的强大动力之一。

中国古代由于时代的局限,没有自觉建立起理论假说和实验之间的联系。例如,唐代天文学家一行(673~727)组织人们用黄道游仪进行天文观测,获得一系列关于日、月、星辰运动的第一手资料,

特别确证了当时的恒星位置和汉代相比有了很大的变化,使一行下决心在制订历法时废弃了沿用达 800 多年的二十八宿的距度数据,采用了新的数据,提高了新历法的精度。但是,这些并没有引起一行提出任何假说的兴趣,也没有想到从理论上解释“唐代时恒星位置为什么和汉代时不同?”英国天文学家哈雷的态度则不同,哈雷于 1718 年,将不同历史时期的三位天文学家(公元前 2 世纪的喜帕恰斯、16 世纪的第谷、17 和 18 世纪之交的弗拉姆斯提德)编制的星表加以比较,发现天狼星、大角星和毕宿五相对于其它恒星有了明显的移动,它们与黄道的距离也有变化,这一发现立即引起他从理论上加以解释的兴趣,认为这种移动既不是观测误差,也不是由于黄道位置的变化,而是由于恒星本身的自行。后人科学研究证明,恒星自行之说是完全正确的。中国的一行和英国的哈雷之间这种差异,固然有时代先后的原因,但主要的是科学实验思想的差别。

任何科学实验,都必须在正确的科学实验思想指导下进行,才具有独立的价值。在探索的、没有预料到的现象上很少是靠侥幸去做实验的。在大多数情况下,做实验是为了判断一定理论体系的正误、理论预言或假说是否成立。实验的回答有时可能是意想不到的。实验最珍贵的启发性意义也在此!例如,1960 年,基埃佛(Giaever)根据超导体性质和 BCS 理论,认为超导体中电子能谱中有一个能隙。他分析了正常金属与超导体中电子能谱的差别,认为用超导体来作隧道实验将会得到新的结果。基埃佛做了大量的实验。但他从实验中发现超导隧道效应只差一步,他多次测量到零电压时的超导电流,但他却误认为这些结果是氧化层没能做好两边的超导体接触短路了,因而抛弃了这些样品。由于基埃佛思想上没有能够突破旧的物理概念的束缚,在新发现的门槛前止步了。约瑟夫森从理论和计算上得出预言:在超导结中,电子对可以通过氧化层,形成超导电流。而这被安德森(P. W. Anderson)和罗厄尔(Rowell)用实验完全证实了这个预言,虽然是基埃佛实验的重复。正如后来基埃佛认为:“要作一次实验上的发现,光靠观察某一事物是不够的,人们必须理解到观察的重要性”。

我们认为,只有在正确的科学实验思想指导下才能做好实验。实验不能只满足于重复性地验证,而要有探索思想贯穿始终,透过观察现象,通过理论思维,发现新的突破,建立新的理论,从而推动科学的发展。

●实验教学系统的结构

当实验教学各要素的质和量都达到了一定水平的情况下,实验教学系统的功能好坏就主要取决于它的结构。教学实践使我们认识到,物理实验教学的最优结构起码应满足三条。第一,要体现以学生为主体的教学思想;第二,在实验进行过程中,要能实现最优控制;第三,要能在规定时间内实施实验教学的预定目标。

例如,在初二《研究弹簧秤的刻度》这个学生实验的教学中,作如下组合:

(1)要求学生课前预习。实验课开始时,首先让学生讨论实验的目的、器材、步骤和注意事项。考虑到学生尚未学会设计表格并记录数据进行分析,所以把教材中的实验步骤(4)作为重点讨论内容,使学生在教师指导下能自己解决,并能够总结出有关规律。

(2)规定把物理课本作为待测物(事先准备扎书用的细线),要求学生运用前一个实验(用天平测物体的质量)中测出的课本质量,来验证公式 $G = mg$ 。

(3)学生动手操作,教师巡回辅导,适当点拨。

(4)课内基本完成实验报告,教师进行适当指点。

(5)把小制作:“自制橡皮筋测力计”作为本节课的课外作业,一周后对每一位学生的制作进行评比。评比标准事先公开,一是测力准确;二是用材简单而又美观。优作在全校展览,并发奖鼓励。

上面这个学生实验组合的优点在于:①由于放手让学生自行观察、分析、讨论、归纳、总结,就充分发挥了学生的积极性,培养了学生自行获取知识的能力;②尽管实验活动的操作

者是学生,但教学系统结构的安排,学习程序的拟定,关键之处的指导,讨论后的肯定与否定,都是由教师完成的,这就最大限度地发挥了教师的主导作用;③显然,这样安排,有利于培养学生的想象能力和思维能力。

这个实例说明,只有教学系统结构最优,才能使它的功能最优。有不少物理课,虽有好的仪器设备,好的学生素质,但教学效果却并不理想。如有的教师做演示实验时一晃而过,后面的学生根本无法看清;有的学生因做实验的准备不充分,致使整个实验过程忙乱无序,杂乱无章;还有些教师上实验课,把仪器、操作步骤、注意事项等讲解无遗,使学生始终处于被动接受的地位,他们不敢越雷池一步,无法发挥各自的个性特长。这些做法都是没有把实验系统内各要素实行最优化组合的结果,教学的整体功能当然就可想而知了。

●实验教学系统的特征

为了使实验教学具有高质量、高效率的最优结构,有必要全面考察一下实验教学系统的特征。主要之点有:

1. 实验教学的质量、功能、效率要直接在学生身上体现出来

实验教学系统的功能发挥得好,学生发展水平又高,可以反作用于系统的结构,使系统的结构更为先进,充分体现出结构与功能之间的辩证关系。因此,构建实验教学的结构时,必须考察学生及其学习方法。学生本身作为实验教学的亚系统,他们的知识基础、实验技能、心理品质、年龄特征、学习阶段等都是构成亚系统的要素。教师在组织教学时,必须针对上述一些要素的实际安排教学程序。如初二级的学生跟高中年级

的学生相比,在教学系统结构中,充当的角色是不一样的。对初二年级的学生来说,还处在物理学习的启蒙阶段,实验技能低,技巧更不熟练,教师就要作更具体的指导。在实验教学中采取“先扶着学生走,再逐步放手让学生自己走”的方针,就能收到相当好的教学效果。

2. 活跃的信息传递在系统内部各要素之间进行,信息传递的成效反映了教学质量的情况

实验教学要求信息传递畅通且富有成效,在一定时间内输入给学生的信息量达到最优。要做到这一点,教师必须对实验教材进行优化组合。我们在实验教学实践中实施按“序”教学,效果较好。这种方法,使实验内容顺序是由浅入深,由易到难;实验技能的培养顺序是由简单到复杂;学生掌握实验技能的顺序是从无知到有知,从学会到熟练。

实验教学要求学生接受信息,处理信息,输出信息,使思维活动始终处于活跃状态,这就要求教师一定要以学生为主体,去设计实验课的教学程序。我们在教学中采用的程序一般为:布置预习——动手操作——归纳小结。学生操作时,教师巡回辅导,及时点拨、恰当调控。实践证明,这样做,学生兴趣浓厚,思维活跃,学得主动,吸取的知识信息就会更多。

3. 系统具有三性,即开放性、动态性和时代性

现代科学技术的迅猛发展,知识的增长要影响和制约实验教学系统;学生知识的增多,智力的发展、非智力因素的变化、学习方法的改进也要促使实验教学系统的演变和发展。可见,实验系统不仅是开放的、动态的,而且具有时代性。加强实验教学,一是教师这亚系统要开放,要跟学生之间、跟社会环

境之间进行动力、信息、情感交流,从而促使组合优化;二是要积极开展课外实验和家庭实验,组织好课外实验活动,经常参观生产和科研部门的物理实验室,促进实验教学进一步发展;三是要加强与生产科研密切结合的实验,力求实验教学与生产实践相结合,架起实验教学系统与生产系统之间的桥梁,从横向促使教学结构更趋完整和合理,从而使实验教学获得整体最优功能。

实验教学系统是一个特别复杂的系统,往往是大系统套亚系统。亚系统又含小系统。有时一些低层次系统本身也很复杂,它们之间有的属自然系统,有的属社会系统,有的属思维系统,有的属方法系统,等等。目前,对这些系统内部要素及其组合的认识,对不同层次系统之间联系方式的认识,仍然是块处女地。如能把系统论知识有机地应用于物理实验教学改革,就一定会结出丰硕的果实。

强化实验教学

观察和实验,是研究和学习物理的基本方法,故物理课本中安排了大量的演示实验和一定量的学生分组实验,其目的就是要让学生在观察和实验的基础上接受物理知识。因此,教师在教学过程中,应首先认真做好课本上的每一个演示实验,指导学生完成课本上的每一个分组实验,然后再根据教学要求和学生的知识水平,突出物理学科特点,强化实验在教学中的作用,灵活开拓一些实验,让学生通过实验的观察和研究,来获取新的知识。江苏扬州市第一中学刘海林老师介绍其做法是:

1. 适当地变分组实验为探索性课堂教学实验, 增强学生实验效果

学生分组实验中, 有些是通过观察物理现象总结物理规律的实验, 属于新授知识的范围。常规的教学过程中, 都是教师先讲解一遍、演示一遍, 把所观察到的现象和结论总结出来, 而后再让学生依葫芦画瓢地重复做一遍实验。这样做的结果是, 学生失去对实验的“神秘”和探索欲望, 必然调动不起积极性, 发挥不了自身的主体作用, 独立操作实验能力的培养又从何谈起呢? 针对这样的问题, 在教学过程中做了一些改革, 变分组实验为课堂探索性实验。

例如: 在《研究凸透镜成像》一课中, 为了突出“研究”二字, 把新授和学生亲手做实验揉合在一堂课上进行(这就要在课前做充分准备)。教学过程中, 利用硬纸片做成凸透镜和蜡烛的模型, 有计划地指导学生自己动手做实验、观察实验; 采用提问的方式让学生通过实验总结出成像特点, 并填入下表中。

物 距 (u)	像 的 性 质			像 距 (v)
	正立或倒立	放大或缩小	实像或虚像	
$u > 2f$	倒立	缩小	实像	$f < v < 2f$ (与物异侧)
$f < u < 2f$	倒立	放大	实像	$v > 2f$ (与物异侧)
$u < f$	正立	放大	虚像	(与物同侧)

此后, 再次引导学生观察实验过程中, 物距、像距及像的大小之间的变化规律, 并总结出:

(1) 物距变化时, 像距以及像的大小同时变化。

(2) 在物距大于1倍焦距时(成实像的情况下), 物距越大, 则像距

越小,且像也变小。反之,像变大,像距一定变大,且物距一定变小。

从教学实践看,课上学生兴趣盎然,好奇心得得到充分满足,开始笨手笨脚,后来基本得心应手。由于是学生自己通过实验探索总结出的结论,所以对凸透镜成像特点和变化规律理解更准确、记忆更牢固,应用更熟练和灵活。这种变革,使常规两课时的教学任务一课时就很好地完成了,显著提高了课堂效率。

2. 灵活地变课堂演示实验为学生分组实验,增加学生实验的机会

在教学过程中,根据学生掌握基础知识的情况和实验能力的现状,灵活地将一些教师做、学生看的演示实验改变为学生动手操作的实验,既可增加学生实验机会,培养学生的实验操作能力,又极大地提高学生学习的兴趣和积极性。

例如:对高二《稳恒电流》一章的《欧姆定律》一节的教学,考虑到学生在初中阶段对安培表和伏特表使用比较熟练,这节课所讲授的主要内容学生也已基本掌握,因此,没必要再按部就班通过演示实验来总结规律。于是,将课本中教师的演示实验改为学生分组实验,将讲授型课改为师生共同活动的研究型实验课,让学生通过实验复习有关知识并加深理解。

课前给学生布置了三个复习性思考题:①安培表、伏特表如何使用?使用时必须注意哪些问题?②设计并画出研究导体中的电流跟导体两端的电压间关系所需电路图;③滑动变阻器的原理是什么?有哪些连接方法?

课堂上让学生选用两个不同的导体(定值电阻),测出两组数据。选择学生测量的一组实验数据进行分析讲解。着重培养学生利用图象来分析问题、处理数据、总结规律的能力。为了培养学生运用实验探索物理规律的能力,在上述两组实验测量的基础上,利用另一种“导体”(二极管)进行实验,启发学生注意观察现象,总结出欧姆定律(并提醒:任