

# 从更广阔的视野看物理实验及教学

杨树礼

(昆明理工大学基础部 云南 650093)

## 一、物理学本质上是实验的科学

物理学是以实验为基础的学科。纵观物理学的发展史,从经典物理到近代物理进而现代物理,每前进一步都是以物理实验为基础的。物理工作者90%工作在实验领域,全世界诺贝尔物理学奖获得者的70%都是在物理实验方面做出贡献而受此殊荣的。

经典物理方面,力学中核心的牛顿三定律就是牛顿在伽利略、开普勒、胡克等人的实验基础上总结得出的;电磁学的一系列定律:库仑定律、欧姆定律、安培定律、毕奥-沙伐尔定律以及法拉第电磁感应定律都是对实验的总结;眼下我们时时接触的电磁波正是赫兹通过实验使得麦克斯韦电磁场理论得以证实的;1802年托马斯·扬的双缝干涉实验为光的波动说提供了确凿的证据。

近代物理两大理论支柱的建立,实验起了决定性的作用。迈克尔逊-莫雷实验动摇了19世纪占统治地位的以太假说,为爱因斯坦创立狭义相对论铺平了道路。在基本粒子的研究方面,卢瑟福的 $\alpha$ 粒子散射实验首次实现了人工核反应,使核物理时代从此开始;在20世纪,人们通过宇宙观测实验,1947年发现了奇异粒子,50年代通过加速器实验发现了一批协同产生非协同衰变的粒子,60年代初通过大量实验又发现了许多不稳定的共振态粒子,极大地促进了粒子物理学的发展。

实验对现代物理的贡献是众所周知的。当今社会令人注目的低温超导现象是1911年昂内斯在研究低温下汞的电阻变化实验中发现的,尔后迈斯纳又通过实验认识了超导体的完全抗磁性,乃至1987

年兴起了全球性的超导热;无线电技术、半导体物理、激光物理等现代物理学的每一分支都离不开物理实验。

物理学的建立和发展离不开实验。伟大的物理学家麦克斯韦给学生上的第一课就是“物理实验导论”,澳大利亚大学物理课的课时分配中理论课和实验课时基本相等,联邦德国的许多大学都把相当于我国的“大学物理”课程称为“实验物理”,这些都足以说明实验在物理学中的重要性。

## 二、物理实验在其他领域中的应用

著名物理学家丁肇中说过:自然科学是实验的科学,而实验科学又是科学技术中最活跃的部分。物理实验作为一种重要的科学研究方法已经渗入、融合于许多重大的科学领域中。航空航天术的卫星发射、火箭、核武器研制、光纤通讯、液晶显示、集成电路、计算机技术的开发和应用,无一例外离不开物理实验的测试和研究方法。

天文学的建立中,最早开普勒依据第谷·布拉赫数十年观测的实验数据把哥白尼的地球运行圆轨道修正为椭圆轨道得出开普勒三定律,现代两位美国天体物理学家——盖拉和休勒通过大量物理实验提出:宇宙中存在着巨大的天体结构,该结构是由数不清的星星排列而成,这个宇宙长城宽度至少有5亿光年,其延伸极限超出了最大胆的想象。这一由物理实验得出的观点极大地推动了宇宙学向纵深发展。

对地球这个人类赖以生存的行星研究需要进行大量的物理实验测量,地震的成因,地壳的结构,矿藏的分布,以及近年来地质学中采用的激光测高,雷

的物理教育,《物理教师》,2000,(4),p.30]应当加强课外活动。在新的高考制度下,高一学生对高考文理的选择尚不明了,高二只有意向,高三才能定向。因此,从高一起,在课内学习必修内容,课外对达探测,地球卫星探测都和物理实验的测试数据与

学有余力的同学,以课内知识为基础,以能力培养为核心,从知识的应用、实验技能等方面同步提高,既为高三选考理科综合(或理科综合+物理)的学生打下良好的基础,又可培养物理学科的尖子。结果密切相关。

生物学中要探索生命的奥秘需要用物理实验的方法,探测有机物分子的传输、膜的结构,以及脑神经和肌肉中的信息,为了解分子作用机理提供了最重要且直接的途径;在医学科学中最新采用的超声波探测(B超)、X射线断层摄影(CT)、核磁共振术等诊断,哪一项不是从物理实验的测量中发展起来的?人体是宇宙间最复杂的结构,其中的许多问题还有待于人们通过大量实验来进行研究。

材料科学中,新工艺和新的分析方法都涉及到物理学各个领域。粒子束技术、喷涂和激光材料表面处理等都与原子物理实验技术密不可分。

环境科学中,地球的沙漠化是世界最重大问题之一。致力于风沙物理研究的中外科技人员在研究风沙运动的受力机制,沙粒的起动风速、沙流结构等方面采用“风洞”这种模拟物理实验的方法,已经汇集了丰富的实验资料,人们期盼着不久的将来,对于沙漠的治理一定会取得可喜的成就。

物理学是自然科学的带头学科、基础学科,而物理学中每一定律、每一重大理论的提出和完善又无一不是以物理实验的总结、验证为基础。物理实验的广泛应用绝不是几句话、几张纸能够概括得了的。总的说来,从更广阔的视野来看,无论过去、现在还是将来,物理实验在各个不同的科学领域都起着举足轻重的作用。

### 三、高校物理实验的作用

高等工业学校是培养工程师的摇篮。在科技飞速发展的今天,面对21世纪的召唤需要造就大批四化建设的人才。大学生在校所学知识总是有限的,然而能力的培养和提高,确能受益终生。我们要努力把单纯培养“知识型”人才转变到培养“创造型”人才方面来。“创造型”大学毕业生应该是:理论基础宽厚,科学视野开阔、善于思考、富有创见,乐于动手,并能独立提出问题和解决问题。我们高校实验室工作者要充分利用实验课这一阵地,将教学的着眼点放在学生开拓、进取、发现、创新能力的培养、锻炼和提高上。大学物理实验是高校学生接受系统技能训练的开端,上好每一堂实验课就显得格外重要。

#### 1. 观察能力的培养

物理实验区别于一般实用性测量的显著特点是它的直观性。我们的大学生大多数是从小学到中学,再跨入大学之门,学生接受的基本上是理性教育,多数人的科学观察力较差,就是做实验,往往满

足于书本上的基本测量要求,而体会不到科学实验是理性思维指导下的科学实验活动,是能力培养提高的机会和场所。因此,指导学生学会观察,善于观察乃至多方位观察是物理实验课对学生能力培养的一个方面。

要培养学生的观察能力就要求学生实验前明确所要观察的对象、目的和任务,也就是要求学生实验前充分预习。预习的标志,不是照抄一遍实验指导书,而在于学生要具有明确的实验目的,对如何进行实验已有一个初步的设想。我在检查学生预习时,不限于查看学生是否有一份抄写整齐的报告,往往采取抽查提问的方式,督促学生按要求做好预习。

实验过程中,教师要引导鼓励学生认真、细致、反复地观察实验现象,而不是只照教材调试要求急于得到实验结果了事。如在用示波器观察二极管桥式全波整流波形时,学生发现整流出来的相邻两个半波并不直接相连,其间由一段随实验条件变化而长短不同的水平线联接。这一水平线段长短与什么有关呢?教师可引导学生改变讯号发生器输入的正弦交流电的频率或幅度进一步观察,得出此水平线段与输入交流电频率无关而只与信号电压大小有关的结论,再结合晶体二极管的伏安特性曲线加以对照解释,使学生对整流过程有较深刻的认识。又如在光电效应实验中有的学生注意到当光电管两端未加电压时,电流表指针有指示,如选取微安表的更小量程档观察时,这个电流更明显,要解释这个意想不到的暗电流的产生,其原因在于光电管阴极上逸出的电子,当其动能足以飞抵阳极时就产生电流。经这一解释不少原来没观察到此暗电流的学生都观察到了。就是这样启发学生从一个过程看到更多的现象,提出更多的“为什么”,养成观察的好习惯,掌握观察的方法,提高观察的能力。

#### 2. 分析、判断能力的培养

观察取得的信息仅仅是资料的堆积,要从这些累积中获得理性认识,所谓从现象认识本质,必须通过认真的思考分析,做出判断。

在用分光计测定衍射光栅的光栅常数中,按实验要求不少同学只知从两个窗口一次读出两个数值,却不明白这样读值的目的。我引导学生分析这一组组的两个一次读出的角度值的关系,发现其角度差都近似为 $180^\circ$ ,要求学生思考这种圆盘式游标刻度设两个窗口读值的制作目的,进而指出这是为

了消除转臂、刻度盘和转轴的偏心差以提高仪器测量精度而设计制作的,希望学生学会这种改进和完善测量仪器的方法。

在惠斯通电桥测电阻和电位差计实验中都用到了压触式开关,有的学生观察到压触式开关刀、掷两端并联有一个电阻,但大多未曾思考其作用是什么,在此我引导同学们分析,当闭合电键时则短路了与之并联的高电阻,且在这两个实验中压触电键都是与检流计串联,经过这样的提示学生们对于该电键作用之一可保护检流计有所了解,从简单的观察现象到认真地分析思考,又向前跨进了一步。电学实验中多次使用的检流计上均有一阻尼电键,一旦按下去,摆动的指针即立即停了下来,在实验中常常满足于会使用就行了,当我向同学们问及其作用原理时,学生或答非所问,或含糊不清,我启发学生与电磁感应规律相联系,经过分析思考很快就明白了这种阻尼电键作为电磁感应知识应用的道理。实验中只要教师有意识地对学生的加以启发,诱导,不仅能大大丰富实验教学的内容,深化学生对基础知识的理解,同时他们对实验现象的分析、判断能力也在这种日积月累中逐步得以提高。

### 3. 独立实验能力的培养。

物理实验课大部分时间是由学生自己支配的,应该让学生当主角,使他们处于主动地位,放手让他们独立操作,发挥其主动性积极性,教师在实验中的指导要与学生的主观能动性相结合。

在实验过程中出现一些反常现象或由于学生读数不正确,操作方法不当,或粗心大意等原因往往采集记录了一些错误的的数据,要培养学生对实验数据的自检能力。如在单摆法测量重力加速度实验中,有的学生几次测量值相差极大,要求学生自己分析原因、做出判断,几次结果相差说明与摆线长、摆球直径测量误差无关,再进而仔细观察分析,原因在于单摆的摆动不在同一铅直面内,且摆角过大。

在金属导热系数测量中,启发学生思考测定仪中的水位器有何作用,流量过大对测量值有无影响。实验后通过数据分析,所有学生的测量结果较理论值均偏小,究其原因,可引导学生分析仪器的系统误差。由于我们使用的导热系数测定仪其金属棒横向

没有绝热,故热传导除轴向进行外,有部分热量沿横向向空气中散发,经过这样的分析,我进而向学生提出如何解决问题,学生们纷纷提出横向应包裹绝热材料,有的还提出因温度测量误差影响较大,需采用较高精度温度计测温等解决办法以完善实验条件,增大实验可靠性。

以往大多数学生做实验时一味追求数据测量,数据中渗杂“人为因素”的现象普遍存在,有的甚至认为实验的目的就是使用仪器去进行某种测量。为了通过实验培养学生独立工作能力,对一些较为简单的实验我要求学生自己发表见解,提出方案并予以实现。如在长度测量中向学生提供测长常用仪器:米尺,卡尺和千分尺,要求学生在一定的测量误差范围内测量小塑料尺的体积。这样迫使学生思考,如何用误差均分原理,测量其长宽厚各应采用哪种精度的仪器。通过学生自己独立设计、测量、计算、分析结果,即使有的学生某些测量项目有错,但对于他们独立实验能力的培养大有益处,让他们学会正确使用测量仪器。有的同学说,通过这个实验对于“在仪器精度满足要求的条件下,应尽量选用精度低的仪器”这个使用仪器的一般原则有了较深的认识。

在用两种方案测定重力加速度实验后,我要求学生单摆法与数字式毫秒计自由落体法两法比较分析,哪些量的测量误差对结果影响较大,各自的测量精度如何?要让学生感到实验后还有值得回味,需进一步探索的东西。

对于实验中出现的不是由教师包办解决,而要引导学生从观察现象入手,用学过的基础知识分析判断,发现问题,找出原因,并想出办法予以解决。要使学生总是处于积极的探索之中,这才能使物理实验教学达到预期的效果。

人类认识世界好比瞎子走路,实验就好比瞎子手中的棍子,要靠棍子一点一点地探索。人类改造世界更需要实践。随着人类社会现代化的进程,在生产、科研中越来越要依靠人们的知识和智能,作为高校实验工作者倍感任重道远。我们要更加努力地培养出一流的“创造型”人才,以全新的面貌迎接 21 世纪的挑战。