



当前高中物理实验教学的困境与突破

邓寿根

(上海市控江中学 上海 200093)

(收稿日期:2019-06-27)

编者按:目前,各级各类学校的教学改革正在各地广泛展开,在创新教学模式、落实核心素养培养等方面取得了令人瞩目的成绩。但在进一步改革实践过程中,也遇到某些值得思考的问题,本文作者提出的就是其中之一,欢迎广大物理教师提出具有一定普遍性的不同问题,发表见解,参与讨论,本刊将择优发表,以推动物理教学改革向纵深发展。

摘要:当前的高中物理实验教学面临着许多困境,严重地危害到学生核心素养的培养和国家长远发展的大计,我们急需突破这样一种困境。

关键词:物理实验教学 困境 突破

1 造成高中物理实验教学困境的原因

一直以来物理作为一门实验学科,大量物理现象的解释和规律的验证都依赖于物理实验,在课程标准中也一再强调科学探究实验的重要性。由此可见物理实验是物理教学中举足轻重的一环。虽然我们一直说:“讲十遍(练习)不如做一遍(实验)”,但是由于受到应试和升学的影响,在日常教学中普遍存在着重理论教学、轻实验教学的困境;讲十遍往往是常态,而做一遍有时都会难以落实。造成这种困境的原因,笔者认为可能在于以下3个方面。

(1) 教师动力的不足

虽然物理教师都承认物理实验在物理学中的重要地位,但是能够在日常教学中真正把实验教学放在一个重要位置的教师还不是大多数。多数教师面对实验教学的态度基本上是完成规定的教学内容,而较少愿意在实验方面投入更多的时间和精力。造成教师开展实验教学动力不足的原因是多方面的。

首先,教师在准备实验时要付出许多额外的辛勤努力,而这些付出学校往往不会给予相应的报酬,教师只能默默地作出无私的奉献。同时由于教师除

了准备实验无形中增加了大量的工作外,还要尽可能做满课程设置上的“满工作量”,导致教师身心交瘁,很难应对。

其次,由于存在应试的压力,一线教师往往非常看重教学效率。在部分教师眼中实验教学效率往往低于理论教学。一堂实验课所能完成的教学内容远不能与一堂理论课甚至是习题课相比。

再次,由于实验研究过程中涉及到的因素众多,若要分析透彻,对学生的要求甚高,因此部分教师对于实验教学能否有效培养学生逻辑思维和分析能力心存疑虑。

加之当下信息技术飞速发展,大量实验都可以通过软件模拟来实现,不仅视觉效果出色而且过程精确可控,因此使很多物理教师选择“虚拟实验”代替真实的实验操作。

(2) 学生的喜新与厌烦

一般认为,对于实验教学,学生的态度应该较教师更为积极。但是当我们仔细观察实验课堂时,会发现很多时候吸引学生的只是那些新鲜的实验器材、有趣的实验现象和自由的操作环境,对于教师要求的实验规范、流程、结果以及探究实验面临的许多困难却常常没有太大的兴趣。造成这种现象的原因也

是多方面的。

一方面是学生具有与生俱来的对一些新鲜事物和奇特现象的好奇,但对一些常规的要求不愿付出更多的努力,对一些好奇现象背后一些深层次的原因缺乏勇于探究和不断追求的毅力和担当。

另一方面是教师总是过多强调实验操作的规定流程.为了提高学生实验的效率,教师往往在实验操作前,会将实验的所有操作程序和注意事项详细陈述,并要求学生严格按照实验步骤操作.这样的指导其实剥夺了学生试错的过程,并将原本丰富灵活的实验研究变成了僵化固定的程式化模仿。

再一个是教师过多关注实验结果的正确性.为了培养学生的探究精神和学习兴趣,物理教材中安排了大量的探究实验.但是在实际教学中,学生对于实验的结果通常早已知晓.在这种情况下,若教师依然强调要求学生按照规定操作得出正确的结论,由此学生便难以真正体验到实验探究的乐趣,自然难以激发学生对实验探究的兴趣。

正是由于我们的学生毅力与担当不强,教师对于实验操作和标准结论的过分关注,形成了较为机械和刻板的实验教学模式,从而导致了学生对物理实验的厌烦。

(3) 评价标准的单一

现阶段对于高中物理实验考核形式有两种,一种是针对学生实验操作能力的实验操作考试,另一种是理论考试,也就是平常所说的“实验题”。虽然两种考核形式覆盖了实验操作和理论分析,但是现阶段的实验操作考试和理论考试,都还不能全面检测学生的实验能力.例如实验操作考试中所涉及的考题均为基础课程中规定的学生实验,所考察的内容主要是实验操作步骤和注意事项.部分学生即使在不理解实验原理的情况下,也能通过机械记忆和反复操练完成整个流程.因此,教师在日常教学过程中才会高度关注实验的操作步骤和注意事项。

再如理论考试所涉及的问题,往往都是基于理论分析的推测,有时可能与学生在实验室看到的现象有所差异甚至完全不同.因此面对这些纸面上的“实验”,师生通常会更倾向于通过理论分析和反复做题来应对,而忽视了对真实实验的直接研究。

正是因为当前物理实验评价标准存在重流程轻设计、重结果轻过程、重理论轻实际的倾向,促使师生通过应试模式来应对物理实验考核。

2 突破物理实验教学困境的几点构想

突破上述3方面的困境当然不会是一朝一夕的事情,我们不应只看到困境,而更应思考对策.我们应该通过一些方法和措施去突破这些困境.结合近些年的工作实践,笔者有了以下一些粗浅的构想。

(1) 调动教师坚持物理实验教学的积极性

一方面,对我们物理教师来说,搞好实验教学是我们的天职,但对学校来说,要能够看到物理教师大量的额外付出,要对教师在实验教学中作出的大量辛勤付出给以安慰,要调动教师坚持物理实验教学的积极性,不要以为你应该理所当然.同时应考虑到教师准备实验要付出大量的工作,学校在安排教师课时时是否可以在原来课程设置的“满工作量”上作适当的调整,以便可以让教师能精力充沛地搞好实验教学。

另一方面,要改革评价实验教学的评价体系,就要从侧重于从应试的角度评价教师教学效果的束缚中解脱出来,减轻应试教育的压力,着眼于从学生长远发展、培养学生核心素养的观点出发,全面地恢复实验教学的本位,极大地提高实验教学效果。

(2) 加强对学生的科学素养和责任担当的教育

我们的学生是国家的未来,肩负着民族复兴的重任,要有不怕吃苦勇于追求真理的献身精神和责任担当.国家兴亡、匹夫有责,当前美国打压我们的科技也给了我们一个很好的警醒.实验是科技的摇篮,科学技术是第一生产力,我们要发展科学技术,大大提高生产力,必须从实验抓起.榜样的力量是无穷的,给他们多讲一些像钱学森、郭永怀等老一辈科技工作者为了祖国的崛起奉献了自己光辉一生的顽强毅力和责任担当.教育他们不要感兴趣的事情就去做,遇到枯燥繁琐的事情就躲避.天将降大任于斯人也,必将苦其心志,劳其筋骨.我们只有提高我们的核心素养,肩负起中华崛起、民族复兴的重任,不怕困难、勇往直前、坚韧不拔、顽强刻苦地去奋斗,我们的民族才有希望,才能屹立于世界民族之林。

笔者有一个学生,他发现早晚上下班高峰期,地铁站内人潮涌动,乘客上下地铁拥堵,地铁运行速度慢等现象,萌生出忧患意识,表现出勇于为社会担当、为民解难的难能可贵的品质,挺身而出愿意为社会贡献出自己的聪明才智,决心去努力探究“解决轨道交通站内的拥挤问题”的方案.在坚持完成平常学习任务的同时,他不畏艰苦,夜以继日地利用一切空余时间去调查研究,反复试验.最终探究出一个专家非常认可的方案,在第十六届上海市百万青少年争创“明日科技之星”评选大赛中,获得上海市“明日科技之星”二等奖.如果我们的学生中有许许多多这样的他,我们中国梦的实现就指日可待.

(3) 变“答疑”为“激疑”

物理实验教学的目的,不应仅是为了加深学生对某个物理结论的记忆和理解,更应该培养学生综合运用知识分析问题的能力.而实验研究中出现的矛盾和冲突正好为培养学生的综合能力提供了契机.

物理教师可能都曾有这样的经历:一个原本认为非常简单的实验,当真正操作时却发现和预想有较大差异.原因在于那些在理想化模型中被忽略的因素,对真实实验造成了不可忽略的影响.当教师遇到这样的问题时,若能深入分析研究实验偏差的原因,就会帮助教师对实验的原理和设计有更深入的理解,甚至可以激发教师团队的集体讨论.

实验中产生的问题对教师能产生这样的效果,对学生又何尝不是如此呢?其实当学生们走进实验室时,往往对课本上的结论深信不疑,是以一种“一切尽在意料之中”的心态在按部就班地进行实验操作.若在实验中遇到了意想不到的问题,反而会激发他们的兴趣.这些问题可能是由于实验操作不当造成的,也可能是因为某些实验前未考虑到的因素造成的.此时若只是指导学生改正错误,或是将问题都归结为实验误差,结果往往会使学生草草完成实验,甚至编写一些实验数据来完成任务,这样便完全失去了实验的意义.

其实当学生通过实验发现上述问题时,若能引导他们对问题进行分析和探究,并最终提出自己的解释和证明,学生的自我意识就会被激发,学生的潜

力就会被调动,而且会体现出超越我们想象的学习和分析能力.

例如,笔者曾经执教一节“滑动摩擦力”的实验课,课上有一组学生根据课本实验方案进行操作时,发现在压力大小不变的情况下,以不同速度抽拉底板,测量出的滑动摩擦力大小有一定不同.于是认为滑动摩擦力大小可能与接触面间的相对速度存在关系.因为学生在初中时学过滑动摩擦力大小与相对滑动速度无关的结论,因此这一观点在课堂上引起了激烈的争论,但是该组学生的实验数据确实支持了他们的观点,同时发现当时课堂上其他小组拉动底板时速度都比较缓慢,实际上控制了速度的稳定,因而没有反应出速度的影响.

为了解决这个问题,笔者便鼓励该组学生设计实验方案并利用课余时间进行进一步探究.经过大约4周时间,他们利用DIS系统先后设计了3个实验方案,绘制出了滑动摩擦力大小与接触面间速度的实验图像,并最终得出了他们的结论:滑动摩擦力的大小与接触面间的相对速度存在一定的关系.这个结论同时也在经典力学教材中找到了一定的支持.

更让笔者感到意外的是,当完成实验后,这几位学生很兴奋地向教师介绍他们的感悟:“滑动摩擦力公式 $f = \mu N$,确实是个极其聪明的公式,它将许多会影响滑动摩擦力的因素都归并入一个系数中,这样不论是温度还是湿度或是接触面,甚至是相对滑动速度其实都可以被解释为对 μ 的影响,从而把问题大大简化了.”这便是学生的潜力.

通过上述例子,我们不难发现实验中的很多问题其实都蕴含着丰富的物理知识.教师若能转变视角,改变以往对标准结论的片面追求,通过挖掘物理实验中各种“激疑”的素材,引导学生进入物理实验的方方面面,让学生充分发现问题、提出问题并进一步探究,学生的兴趣和潜力便会得到激发,实验教学的魅力便会得以展示,课堂的活力便会迸发.

(4) “放”课内“抓”课外

前面提到的,一线教师非常重视教学效率,由于担心实验课花时间、效率低,因此造成大量实验课被理论课取代.但我们也经常会发现对于很多重复了多遍的问题,学生依然在犯错.即便是高三经过大量

重复训练,学生还是会在很多基础问题上反复出错.这样的经验提醒我们,仅仅把眼睛盯在课内讲授上,看似节约了时间,实际却未必能保证较高的教学效率.很多时候教师讲得很多、讲得很细,换来的只是自己的心理安慰,因为学生在缺乏主观动力的情况下,机械重复无助于他们对物理概念和方法的理解.

因此笔者建议“放”课内“抓”课外,其中“‘放’课内”包含两层含义,一是放理论课还实验课,二是实验课上要放手让学生实验.

学生在实验课上可以获得比理论课更真实的直观体验和过程体验,更能将理论知识与实际的物理现象联系起来,从而帮助其提升物理建模能力.同时通过放手让学生做实验,利用实验课中学生遇到的问题作为“激疑”素材,引导学生利用课外时间自主学习并思考分析出现问题的原因.从而用一节实验课的时间换来学生投入更多课外时间和主动的思考,其实际教学效率远高于单纯的灌输.看似放松了课内,实则抓住了课外.

例如在波意耳定律的实验课上,很多小组在绘制 $P - \frac{1}{V}$ 图像时都出现了正截距,笔者便提出让学生思考可能的原因.当时有学生指出其原因可能是连接管中存在一定气体未被计算在内.但是由于有些小组在没有考虑连接管中气体体积的情况下,实验图像基本符合正比例图像与理论预测较为接近,因此上述解释没有得到一致的认可.于是笔者便要求各小组学生在课后开始针对这一情况进行理论分析.经过3天时间几组学生得出了他们的结论:实验中出现的正截距可能与忽略连接管中的气体体积有点关系.因为根据他们的公式推导,若考虑到这样一段体积的影响,实验图像理论上是过原点的曲线,但由于横坐标 $\frac{1}{V}$ 在原点附近 V 接近无限大,实验测量的数据 V 不大, $\frac{1}{V}$ 比较远离原点,通过线性拟合,导致了正截距的出现.甚至有学生还找到了利用 $V - \frac{1}{P}$ 图像截距测定连接管内气体体积的高三试题,并准备用这样的方法来测定连接管中气体的体积.

能够得到这样的结论,学生们在课外一定是投

入了大量的时间和精力,而这不正是我们所期望的吗.可能会有教师担心这样的问题:学生自己能做吗?最后会不会变成还是教师包办呢?其实在整个过程中,教师的作用关键在于引导和鼓励.对于实验中的问题,很多研究中的问题,笔者通过参与讨论提出自己的观点,给学生一定的方向指引,但过程不包办、结论不认定,让学生有自己的思考空间和观点确立.在这个过程中笔者发现很多超出课本的知识,学生都会通过讨论或者网络查询加以解决,虽然对于某些知识理解可能还不够清晰,但是却能够应用到自己的实验和分析中去.其实教师自己在学习过程中,不也经历过这样一个从模糊到清晰的过程吗.

真正的“物理高手”们,学习物理的时间都不局限在课内,甚至课内仅仅是他们学习或“思考”物理的很小一部分时间.课外大量的“自主思考”时间才是他们学习的主要过程.正是因为他们的学习自主性被调动起来,不仅学习是高效的,而且思考是深入的.而实验教学正是引发这一过程的良好契机.

(5) 变“考查”为“激励”

在实现前面的改变后,教师还将面临一个大问题:如何推动学生完成那些难度较高且没有考试压力的课外探究实验呢?

笔者认为其实可以考虑借助“外力”实现对学生的激励,推动学生克服困难不断前进.例如近年来各级创新大赛蓬勃兴起,有些学科竞赛也提出了科研小论文的要求,这些活动平台其实为我们的实验教学提供了一个很好的展示平台.例如前面提到的关于滑动摩擦力与接触面相对滑行速度关系的实验研究,笔者便鼓励学生依据实验结果,撰写小论文参加当年的创新大赛,经过市区两级评审最终学生的论文获得佳绩.

这些奖项对学生而言是学业成绩以外的另一种肯定和激励,这样的成功体验可以大大增强学生对物理学习的兴趣和自信心,促使学生在物理学习上投入更多的时间和精力,从而形成良性循环.对于前面的例子,有的教师可能会提出:并非所有的实验课都可以撰写出这样的论文参赛,那么在日常教学中还可以采取什么方式激励学生呢?

(下转第19页)

阔的空间和无限的潜能.若能在大学物理教学中及时地介绍物理学的前沿发展动态,一定会激活军事应用想象空间,拓宽军事应用思维视野.

北京时间2019年4月10日21点整,天文学家召开全球新闻发布会,宣布首次直接拍摄到黑洞的照片.为了得到这张照片,天文学家们动用了遍布全球的8个毫米/亚毫米波射电望远镜,组成了一个巨大的所谓的“事件视界望远镜”(Event Horizon Telescope,缩写EHT).在这张极具科学前沿的照片背后蕴藏着颇多的物理学知识,需要教员紧贴物理学科前沿来充分挖掘.例如:

(1) 黑洞轮廓的大小和形状可以从广义相对论引力场方程计算出来,这取决于黑洞的质量和角动量;

(2) 光的传播速度是30万km/s,黑洞的引力大到连光都无法逃脱它的“掌控”,即黑洞的逃逸速度超过30万km/s;

(3) 为了能够观测到黑洞视界上的物质行为,天文学家所用的“事件视界望远镜”是由8个毫米/亚毫米波射电望远镜组成的一个虚拟的、口径接近整个地球直径的“望远镜”.该“望远镜”已经把射电望远镜的分辨率提高到了前所未有的高度,分辨角达到 $10 \sim 20 \mu\text{as}$ ($1^\circ = 3\,600\,000\,000 \mu\text{as}$)的程度.哈勃望远镜的分辨角为0.1 as,也就是说“事件

(上接第14页)

其实激励的方式多种多样,笔者曾组织几位学生对于电动机效率测定实验进行改进,并让他们记录下整个实验过程,制作了一个实验短片在年级中播放,为此几位学生兴奋不已.此外笔者还让他们帮助修复一套陈旧的密立根实验仪,并撰写使用说明书,最后为它们拍照作为成果的奖励.虽然这些工作并没有得到什么奖牌或奖状,但他们从中收获了成就感,这对于高中生而言具有极大的意义.其中一位学生高三毕业后考入复旦数学系,却在大学获得了大学生物理竞赛一等奖.当他回到母校时,总会提起这些做实验的经历.由此可见激励学生的方式是多种多样的,关键是让学生体验到成就感.

综上所述,即使面对现实的种种困境,我们要勇

视界望远镜”的分辨率是哈勃望远镜的数千倍.

4 结束语

综上所述,在大学物理的教学中,通过加强教员队伍建设、挖掘物理知识与军事应用之间的联系、紧贴物理学科前沿,打牢基础,求真务实拓展视野,促使大学物理教学紧贴军事应用,实现大学物理教学贴近部队、贴近实战,为军事理论和应用课程注入更多的高科技含量,为打赢现代化战争奠定坚实的物理学基础.

参考文献

- 1 吕云峰. 军校教育基础理论教程[M]. 北京:海潮出版社,2011.182~206
- 2 饶翠,王力宝,王党卫,等. 雷达信号处理与终端技术实战化教学的思考[J]. 空军预警学院学报,2015,29(6):441~116
- 3 陈宏. 如何在大学物理教学中增强“合训学员”的成就感[J]. 火箭军院校教育,2016,77(4):35~37
- 4 陈蕾蕾. 物理与军事[M]. 北京:高等教育出版社,2016.3~25
- 5 康颖. 大学物理(第3版)(下册)[M]. 北京:科学出版社,2015.238~241
- 6 陈蕾蕾. 物理与军事[M]. 北京:高等教育出版社,2016.194~217

于突破,调动教师实验教学的积极性,培养学生的核心素养与顽强的毅力和责任担当,把握实验教学的根本目的,坚持培养学生探究和分析物理问题的能力,敏锐地发现实验教学中的种种“疑点”,变“答疑”为“激疑”,“放”课内“抓”课外,变“考查”为“激励”,有效激发学生主动研究物理问题的兴趣,养成深入思考并自主探究的习惯,拓展学生的学习空间和途径,为学生的终身发展奠定坚实的基础.

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018
- 2 张大昌. 普通高中课程标准试验教科书高中物理·必修1[M]. 北京:人民教育出版社,2014
- 3 彭前程. 积极探索基于核心素养理念下的物理教学[J]. 中学物理,2016,34(3):1~2