

基础物理实验探究性教学案例

浦天舒

(东华大学理学院 上海 201620)

(收稿日期:2016-06-28)

摘要:介绍基础物理实验中的探究性实验教学案例. 探讨大面积物理实验的因材施教.

关键词:基础物理实验 探究性教学 案例

1 引言

基础物理实验多是一些传统实验. 由于受学时、经费等因素的限制, 不大可能年年更新, 而且那些常用仪器、基本的数据处理方法也是必学的, 不可能都被“淘汰”. 然而, 这并不意味着不能进行探究性教学. 其实每个实验项目都可以有探究性的内容. 多年来, 以课堂教学为基础, 结合卓越工程师培养以及学

而原始物理问题解决属于概念驱动加工. 从数据驱动加工到概念驱动加工的转变, 标志着物理问题解决认知方式的进化, 这为物理问题解决研究提供了有益的启示.

为了进一步厘清原始物理问题解决的认知机制, 我们运用原始物理问题测验工具进行了中学生解决原始物理问题的口语报告研究. 结果显示: 学生成绩的直方图呈双峰分布, 其中 17 名学生处于高分峰内, 29 名学生处于低分峰内, 4 名学生处于高分峰与低分峰之间的临界区域. 研究还发现, 中学生在原始物理问题解决过程中存在着临界慢化与临界涨落现象. 所谓临界慢化是指系统在转变区对扰动的影响与在稳定区的反应相比变慢了, 临界涨落是指系统在转变区时某一个涨落会突然变得格外大.

6 原始物理问题教学实践

鉴于原始物理问题在培养学生思维品质方面的独特功效, 我们选取北京市某市级示范高中一年级学生为被试, 进行了为期半年的教学实验. 实验由两

生课外科技活动, 我们在基础物理实验的探究性教学方面做了一些尝试, 并编写了相关教材^[1].

2 探究性实验教学案例简介

惠斯通电桥实验^[2]:如果仅满足于理解电桥平衡方程, 则乍一看似乎用电桥可以测量任何阻值的电阻, 但实际上测量精度与电桥的灵敏度有关, 而灵敏度又与桥臂电阻及电源电压有关, 所以实验时要

个随机等班组成. 其中, 实验班接受原始物理问题干预, 对照班不给予任何干预. 实验后两班同时进行后测, 最后对测验结果进行比较分析.

运用“思维品质问卷”, 测查了实验班和对照班的学生思维品质. 结果发现, 经过干预, 实验班与对照班学生在思维品质的深刻性、独创性和灵活性上均有显著性差异, 说明运用原始物理问题培养学生的思维品质是一条行之有效的途径.

表 1 干预后实验班与对照班
思维品质得分统计检验

思维品质	深刻性	独创性	批判性	灵活性
<i>T</i> 值	2.28	2.01	1.76	2.52
显著性水平	$P < 0.05$	$P < 0.05$	$P > 0.05$	$P < 0.05$

笔者主持的全国教育科学“十二五”规划教育部重点课题“促进中学生思维品质发展研究”(DBA110180)2015年11月获“优秀”鉴定等级. 《初中原始物理问题教学》与《高中原始物理问题教学》两部著作将于2016年9月出版.

正确选择桥臂电阻,而且应针对不同的待测电阻值作出不同的选择才能保证测量精度.由此可以看出,惠斯通电桥并不是对任何阻值的电阻的测量都是合适的.这对不平衡电桥、开尔文电桥的理解也是具有启发性的.

在纺织品介电常数测定实验中,须用交流电桥测量平行板电容器的电容,但在此实验中电容器的边缘效应的影响不可避免,如何用实验方法加以修正,可作为实验拓展的课题.利用场的图形描绘原理,可以得到介电常数 ϵ_r 的修正公式为^[3]

$$\epsilon_r = \frac{4H}{\pi\epsilon_0 D_1^2} \left(C_{1\text{测}} - \frac{D_1}{D_2} \Delta C \right)$$

$$\epsilon_r = \frac{4H}{\pi\epsilon_0 D_1^2} (C_{2\text{测}} - \Delta C)$$

式中 $C_{1\text{测}}$ 和 $C_{2\text{测}}$ 分别是用上极板直径 D_1 和 D_2 不同的平行板电容器测得的电容值(实验中电容器下极板的直径可看作无穷大), ΔC 为边缘效应的影响所附加的电容修正值(若 $D_1 > D_2$, 则 D_1 直径上极板的电容器电容的修正值为 D_2 直径上极板的电容器电容的修正值的 $\frac{D_1}{D_2}$ 倍), H 和 ϵ_0 分别是电极间隙(即织物厚度)和真空中的介电常数.

弦驻波实验^[4]:由于弦的振动是由振源驱动的,并非自由振动,所以应该考虑阻力的影响,但空气阻力是一个小量,如何测出弦振动时的空气阻力系数,是一个很好的探究性实验课题.

非线性电阻的伏安特性实验^[5]:可用作非线性电阻的元件有小灯泡、晶体二极管等.二极管的特点是有正负极,所以二极管的测量比小灯泡略麻烦些.二者结合就能取得较好的实验效果.为此我们采用光电二极管,而小灯泡既作为所研究的非线性元件,同时也作为光电二极管的光源,这样可通过改变光照强度,得到光电二极管在不同光照下的特性曲线,大大丰富了实验内容.

灵敏电流计特性实验^[6]:这是一个电磁学的基础实验.但实际上灵敏电流计线圈在磁场中的转动跟电磁动量有关.电磁动量的概念比较抽象,但当灵敏电流计线圈偏转时,可以研究线圈的机械动量与电磁场的动量是如何互相转化的,在实验过程中可以给出详细分析,从而使比较抽象的电磁动量的概

念通过实验体现出来.

透镜焦距测量实验^[5]:可以把用透镜组装显微镜、望远镜并测其放大率作为实验的拓展.这样可以提高学生实验时的兴趣.

某些近代物理实验,也可以结合具体的实验内容给学生提出一些挑战性的课题.例如光泵磁共振实验^[7],实验的同时可以对当地的地磁场进行测量.由于各地的地磁场一般没有现成的数据供参考,因此实验的结果正确与否,对于实验者来说就有着一定的挑战意味.

在数据处理方面,可以结合具体实验,探究最小二乘法、统计推断等数据处理方法如何具体运用.例如,在用拉伸法测量金属丝的杨氏模量的实验中,可以用最小二乘法进行数据拟合,由于伸长量很小,通常采用光杠杆法测量,其测量误差显然远大于砝码的误差,所以用来拟合的回归方程应该把伸长量作为因变量.这一点往往被初学者所忽视,但又必须做过实验才能有所体会.又如在导热系数测量、水的比热容测量等实验中,都要利用牛顿冷却定律测定冷却系数,由于冷却是一个动态过程,所以时间的测量误差显然远大于温度的测量误差,回归方程应该以时间作为因变量^[8](而且应适当选择加热的最高温度使牛顿冷却定律在其适用范围内).但有时选定了因变量以后,回归方程变成了非线性的,例如在用动态法测量转动惯量的实验中^[9],须测定转动的时间周期,当选时间作为因变量后,它与转角的关系就成了非线性的了,这时就要用非线性函数的最小二乘法来处理测量数据.

又如在密立根油滴实验中,由于测量误差,不可避免地会出现所谓“半个电荷”的测量结果,因此必须测量足够数量的油滴来对数据进行统计推断.因教学实验不可能测量过多的油滴数目,所以测量多少油滴要凭经验,为了让学生能够自己得出这一经验,可以让学生把测得的电荷量跟基本电荷整数倍的偏离量作散点图,从中看出需测量多少电荷才能得出正态分布图,由此不难得出测量的油滴数目应该在 15 个以上的结论^[10].

又如电位差计通常被认为是一种应该淘汰的仪器,但在用电位差计检定电压表的实验中,其不确定

度分析^[11]却很有典型意义,因为学生往往不知道需考虑哪些不确定度分量,而在这一实验中须考虑电源、检流计、电阻箱等仪器引入的不确定度分量,这些分量都是不确定度的B分量,因此对学生来说是一个很好的不确定度分析的训练.

3 经验总结与存在的问题

以上介绍的探究性实验内容,都是在一些常规的基础实验内容上拓展的,几乎不需要增添什么实验设备,这就给教学提供了很大的灵活性,便于教师根据实际情况取舍.

然而,这些拓展有一个前提是:前面的基础实验必须认真做,否则不会发现问题.由于基础物理实验涉及大面积的学生,面对人数众多的学生,不可能对人人提出高要求,对于大多数学生可以只做一般要求,甚至对有些学生只要求其能够及格即可,如果对待物理实验不认真或心不在焉,由于不可能发现实验中的问题,也就无法对其提出较高的要求,但要让这些学生看到别人能够得高分的原因,只要自己努力也是可以做到的.

最后应指出的是,对于基础实验来说,片面强调所谓“创新”并不一定切合实际.例如对实验名称,附加“基础性”、“综合性”、“设计性”等一些限定词实际上并不妥当,因为几乎所有实验都可以有设计性的内容,也都有一定的综合性(例如机电、光电、光机电的综合等等),从实验名称并不能看出实验是否“高级”.其实站在学生的角度,尽可能多做实验(无

论是否“高级”)总是有益的,而能否对其提出较高的要求,应根据学生程度、学时等具体情况.对于学校或上级有关部门来说,只需在学时和投入上给予保证.

参考文献

- 1 浦天舒,郭英,李博.大学物理实验.北京:清华大学出版社,2015
- 2 浦天舒,郭程,陈嘉欣,等.惠斯通电桥桥臂电阻的选择.物理实验,2013,33(Supp):37~38,42
- 3 浦天舒,杨旭方,郭程,等.电容器边缘效应对介电常数测量的影响及修正.大学物理实验,2013,26(3):46~47
- 4 浦天舒.弦振动实验中阻力系数的测定.物理与工程,2015,25(4):54~56
- 5 浦天舒.基础物理实验中的设计性扩展实验教学尝试.物理实验,2010,30(Supp):47~49,53
- 6 浦天舒,姜若诗,杨波,等.利用灵敏电流计研究电磁动量.第九届全国高等学校物理实验教学研讨会论文集,2016
- 7 浦天舒.光泵磁共振实验装置的调试和地磁场的测量.2009年全国高等学校物理基础课程教育学术研讨会论文集.北京:清华大学出版社,2009.327~329
- 8 浦天舒,郭程,陈嘉欣.冷却曲线的数据拟合及回归方程之选择.大学物理实验,2013,26(4):96~98,106
- 9 浦天舒.非线性最小二乘法处理转动惯量动态测量数据.重庆大学学报,2002,25(Supp):305~306
- 10 浦天舒,郭程,陈嘉欣,等.基于统计推断的油滴实验数据处理.大学物理实验,2013,26(5):97~100
- 11 浦天舒.用电位差计检定电压表的不确定度分析.实验室研究与探索,2000,19(4):219~221

Some Exploring Teaching Cases in Fundamental Physics Experiments

Pu Tianshu

(College of science, Donghua University, Shanghai 201620)

Abstract: This article demonstrates briefly some exploring teaching cases in fundamental physical experiments and discusses the problem of teaching students according to their aptitude.

Keywords: fundamental physical experiment; exploring teaching; case