

# 专业物理实验与理论课程结合探究

李智华 杨光

(华中科技大学物理学院 湖北 武汉 430074)

(收稿日期:2018-10-10)

**摘要:**重点探究了物理本科专业核心基础理论课电磁学,与专业基础物理实验如何有机衔接的问题,从电磁学理论课与相关专业实验的无缝对接,期待扩展到其他专业课甚至量大面广的“大学物理”和“大学物理实验”课程的无缝对接,着手解决这一问题,是切实落实“以学生为中心”的教学方法改革与实践的具体体现。

**关键词:**专业物理实验 理论课堂教学 无缝衔接

## 1 前言

在国内诸多高校的本科人才培养计划里,专业物理实验一般是作为一门或几门课程,独立于相应的理论课程之外专门开设的。每门专业物理实验课程根据对相关理论知识掌握要求和深度不同,被安排在大学阶段不同学年的不同学期开设。比如笔者所在的学院,专业基础物理实验一和专业基础物理实验二,一般安排在第二学期和第三学期开设,综合物理实验以及近代物理实验一般在大三学年进行开设。这样的课程安排表面上似乎没毛病很合理,既考虑了学生物理理论知识体系建立的先后顺序,排课也没什么困难,根据培养计划按部就班就行。目前大多高校基本上是按照这种模式来安排专业物理实验课程,并执行了上十年甚至几十年。可正是这种表面上看似合理的专业物理实验课程安排,一直以来广受学生的诟病和不满。主要原因归纳起来大致如下:

(1) 专业实验项目与理论课程的关联性不强。

(2) 学生在部分专业理论知识还没具备的情况下就被安排做相关的专业实验及应用探究。简言之就是,理论知识还没有学,就被安排去做相应的专业实验,甚至还要做相应的应用探究。

(3) 实验仪器大多是黑匣子,接接线、按按钮就完事,部分实验项目达不到预定的实验目的。

(4) 实验设备陈旧,影响实验过程和效果。

相信有人会问,既然问题症结找到了,怎么就没

有解决呢?“设备陈旧问题”不是本文要在这里讨论的重点,相信只要重视教学,尤其是重视实验教学肯投入资金支持,这个问题不难解决。重要的是前3个问题,要解决不是做不到,而是比较复杂,涉及到方方面面。

要解决上面提到的“理论与实验设置的关联性不强”“实验及应用探究先行于理论知识滞后的尴尬”,得把相应的理论课程与相应的专业实验项目揉合成一门课程,而且涉及到多门理论课程和专业实验项目的揉和,这样一来,要对目前本科生的培养方案做较大的修改,对课程和学分进行再设置。另一方面,这也是对任课教师提出更高的要求。想想看,按照老模式,理论课的主讲教师只要负责上台讲台讲好课程教学大纲要求的知识内容即可,专业实验课的主讲教师只要按照实验课程的安排指导实验即可,不用过多考虑学生到底有没有相应的理论基础知识,也不用考虑理论上相应的理论知识如何与实验项目内容衔接,来更好达到实验目的的问题。单从教师的角度来看,无论理论课的教师还是实验课的教师,各自都是认真负责的。可是明眼人不难发现,这样课程设置模式是有问题的,没有站在学生的角度来进行合理的课程设置与安排。而“黑匣子”的问题,相信只要前面两个问题解决了,在此基础上拟出一些紧密结合理论的、能有效培养学生灵活运用知识能力和动手能力的、有代表型的自主创新性、设计型实验及应用,问题就相应解决了。

**作者简介:**李智华(1976-),女,博士,教授,主要从事激光与物质相互作用方面的研究。

**通讯作者:**杨光(1975-),男,教授,主要从事低维氧化物薄膜材料的制备及其光电特性研究。

笔者机缘巧合,一直长期站在电磁学理论课堂教学第一线,并坚持多年的电磁学教学改革与实践<sup>[1~3]</sup>,近几年也被安排主讲物理实验,对将专业理论课程与专业实验课程如何紧密结合有一定思路.坦白说,是这学期初,笔者微信学生好友在微信上对专业物理实验的吐槽及大量学生的跟帖,才是真正激发作者动真格下决心做这件事情的原因,让笔者思考作为一名教师,结合自己的教学经历和背景,可以为专业实验教学与理论课程教学的紧密结合做点事情.其实,在电磁学教学改革和实践中,笔者一直都重视理论和实验的结合,只不过这种重视限制在笔者自己负责的电磁学课程范围内,没有去打破专业实验课程和电磁学理论课程的“壁垒”.现在看来,在前期已有的电磁学教学改革实践的基础上,打破这种壁垒,实现专业实验与理论课程的结合,非常必要而且重要,对笔者而言也并非难以完成的使命.

## 2 电磁学理论课程与专业实验的对接

为了让学生进本科专业实验室前先具备相关的理论基础,应增强理论课程与相应实验项目的关联性,合理安排实验项目及实验进程.即先有电磁学相关理论课教学,尔后才对应开设相应实验及其应用探究.本科专业基础物理实验项目里,部分是电磁学理论相关的实验,考虑将这些相关实验内容与电磁学理论课程教学内容打通统筹安排.此外,根据电磁学理论课堂教学的内容,拟考虑增设部分非黑匣子、自主设计型的创新实验项目.这样避免了理论教学和实验课程的安排关联性不强,甚至理论知识尚未具备就安排学生进行相关实验和应用探究的问题,也能解决“黑匣子”实验的弊病.而且不仅能提高理论课堂教学的水平与效果,也有助于真正达到专业实验项目开设的目的,更是将培养学生的5种能力“学习能力、创新能力、动手能力、灵活运用知识能力、口头与书面语言表达能力”落地到教学的各个环节中,是落实以学生为中心的教学改革与实践的具体举措<sup>[4~6]</sup>.

### 2.1 现有专业实验项目与理论课程的结合

一方面,形式上,首先理清专业基础物理实验课程中现有的与电磁学相关的实验项目(如霍尔效应与应用设计、电路暂态过程与示波器的使用、 $RLC$ 电路和滤波器、直流交流电桥的研究与应用),将这

些现有的实验与电磁学理论课紧密结合,统筹规划合理安排.图1是基础物理实验“ $RC/RLC$ 暂态电路和 $RLC$ 交流电路和滤波器实验”实验仪器装置图:函数信号发生器、双通道示波器、电阻箱,以及可变电容器和可变电感器.



图1  $RC/RLC$  暂态过程、交流电路和滤波器实验装置

根据目前专业基础物理实验的安排,本实验一般安排在大二上学期开设,虽然与电磁学课程开设在同一学期,但问题是学生在进实验室做这个实验时,还没有系统学习相关的理论知识,这些理论背景知识属于电磁学第九章的内容,如果将此实验项目安排在电磁学第九章内容讲授之后,相信学生才可能灵活应用所学的理论知识来进行相关的应用设计,这样学生的实验收获会更好,才可能真正达到实验目的.再如将“霍尔效应与应用设计”实验项目,安排在电磁学的理论课程内容“带电粒子在电磁场中的运动及应用举例”讲授之后;将“直流交流电桥的研究与应用”实验项目,安排在“交流电路的复数解法与应用举例”讲授之后.这样,既能确保学生在从事相关的专业实验之前已具备了相关的理论知识,又能马上在专业实验的过程中灵活应用相关的理论知识,做到了专业实验与理论教学的紧密结合、无缝对接.

另一方面,除了形式上和时间上的无缝对接,课程内容上也要融合.仔细琢磨理论知识的讲授如何与实验项目相结合,既有助于学生掌握、巩固相应的理论知识,又能启发学生开展专业实验活动,在课堂教学理论知识的指导下,真正达到实验项目设置的目的.

### 2.2 紧密结合理论课程的自主设计创新实验设置

结合现有电磁学理论课教学内容,考虑筛选增设有代表性的实验项目,引导学生勤于思考,激发学生创新思维,培养学生灵活应用知识的能力和动手能力.根据电磁学课堂教学内容,初步拟出的可供选

择的学生自主设计的创新型实验如下:

(1) 设计范德格拉夫起电机周围电场和等势面演示仪;

(2) 压电效应和逆压电效应的应用实验设计;

(3) 基于平面矩形载流线圈在均匀磁场中绕固定转轴转动的规律,设计一款自测速高转速马达;

(4) 指针式/数显式磁通计设计与应用;

(5) 设计一款手摇发电机,要求具备交流直流切换输出功能;

(6) RLC 电路串联共振的应用:调频收音机设计/机场安检系统设计/金属炸弹探测器设计/排雷探测器设计;

(7) 电磁继电器的设计与应用/电铃的原理、设计与应用;

(8) 赫兹实验再现装置:电磁波的发射与检测;

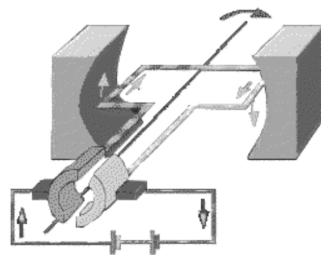
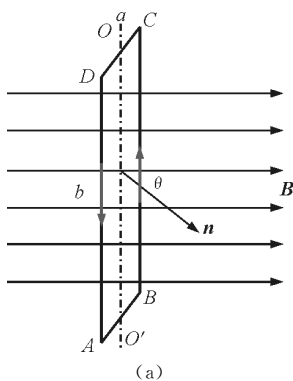
(9) 电磁场动量-光压测量装置设计与实验;

(10) 电磁波的发射、电场  $E$ 、磁场  $B$  及能流  $S$  的实验检验,以及电磁波叠加形成驻波能量分布的检验.

这样的项目并不是要求学生每一个都必须完成,学生可以根据自己的兴趣自由选取实验项目,自由组合形成实验小组,自主分工协作完成项目.当然,项目执行过程中,课程组会有助教和实验工程师提供必要的指导与支持.自主设计的创新性实验的引入,是彻底解决黑匣子式实验“接接线、按按钮”就完成实验缺陷与弊端的有效方式之一.

### 3 自主设计创新实验实例——自测速高转速马达

此实验项目属于完全自由、自主设计的创新实验的实例.在电磁学理论课堂教学内容“通电矩形载流线圈在磁场中运动的规律”讨论之后,如图 2 所示,得到了刚性平面矩形线圈在均匀磁场中的受力矩与线圈磁矩和磁场之间的关系.



(b)

图 2 刚性平面矩形线圈在均匀磁场中的  
受力矩与线圈磁矩和磁场关系

设  $B$  为线圈所处的外磁场的磁场强度,  $m$  是通电线圈的磁矩,  $L$  就是线圈在均匀外磁场中所受的力矩.三者之间的关系为

$$L = m \times B$$

接下来理论课堂教学与实际的应用相结合,引导学生进行思考:从刚性矩形线圈的受力矩来看,力矩大小  $mB \sin \theta$  随着线圈与磁场夹角  $\theta$  的变化而周期性变化,对于真实的马达,这种情况会导致什么问题?如何让线圈在磁场中转动受力矩大小稳定?如何提高马达的转速?请设计一款高速马达,并具备自测速功能.这是这堂理论课结束时,留给学生的自主设计的实验项目.实验项目并非必做内容,学生可以根据自己的兴趣选做,可以 2~3 人一组分工协作完成.项目实施期间,课程给与实验小组全力的经费和硬件条件支持,整个课程结束前,要求学生在规定的时间提交作品,并向全班学生做总结汇报.图 3 展示的是某年级应用物理班上的两位学生设计完成的自测速马达作品.



图 3 自测速高转速马达作品展示

此作品以多对强铁磁性材料钕铁硼片,来产生稳定磁场分布,测速装置采用自主设计的电路板结合光电探头进行测量,以 1.5 V 的 7 号电池作为电源供电下,马达可实现 1 100 r/min.虽然作品展示中马达转速不太平稳有待改进,但从实验项目实例来看,参与实验项目的学生收获颇丰,他们将课堂上学的理论知识与实际应用相结合进行探索研究,不

仅锻炼了自己灵活运用知识的能力和动手能力,也训练了分析问题和解决问题的能力,这些收获让他们非常有成就感.当项目小组成员站在全班同学面前做项目总结报告,并把作品展现在全班同学面前时,不仅赢得了其他同学羡慕和赞赏的目光,更是激发了其他同学的兴趣和参与的激情,当然也很大程度上提高了理论课堂教学的吸引力.笔者想这应该是理论课程与专业实验无缝对接后所期待的效果了:充分激发学生的学习兴趣与参与热情,在“学”与“习”的过程中有效地训练学生灵活运用知识的能力、动手能力以及创新思维的能力,也培养了学生团结协作精神和敢于探索的精神.

#### 4 总结

实现理论课堂教学与专业实验的开设无缝对接,可以解决多年来学生普遍诟病的实验项目开设与理论知识关联性不强的现状;结合理论课程内容设置真正开放性的、非黑匣子式的自主创新设计实验,不仅能激发学生的创新思维,更能有效锻炼学生

运用知识的能力和动手能力.以电磁学理论课与相关专业实验的无缝对接为例子,期待扩展到其他专业课力学、热学、光学与相关专业实验项目的结合,甚至推广到量大面广的课程“大学物理”和“大学物理实验”的无缝对接.这是将“以学生为中心”的教学理念落到实处的具体体现.

#### 参考文献

- 1 李智华,陆培祥.电磁学理论教学与实验如何有效结合的思考.物理与工程,2017,27(1):73~76
- 2 李帅龙,李智华.平行板电容器内电解质受力问题剖析.物理通报,2016(8):19~22
- 3 李智华,熊曹水,项林川,等.电磁学教学新模式的探索与实践.物理通报,2013(9):13~16
- 4 崔连敏.浅谈大学物理实验教学存在的问题和方法.大学物理实验,2015,28(6):124~126
- 5 赵婷婷.大学物理实验教学与创新.大学物理实验,2014,27(5):100~102
- 6 张杨,孙晶华,李庆波,等.有利于学生创新精神培养和能力培养的物理实验教学改革与实践.大学物理实验,2015,28(4):116~119
- 7 Bacon M E,Heald G,James M. A closer look at tumbling toast. American Journal of Physics, 2001, 69(1):38~43
- 8 Borghi R. On the tumbling toast problem. European Journal of Physics,2012,33(33):1 407~1 420
- 9 Matthews R A J. Tumbling toast, Murphy's Law and the fundamental constants. European Journal of Physics, 1995,16(4):172~176
- 10 Master A M,Lasser R P,Beckman G. Tables of average weight and height of Americans aged 65 to 94 years: relationship of height and weight to survival. Journal of the American Medical Association, 1960, 172 (172): 658~662

(上接第13页)

## Mechanical Analysis on Buttered Toast Bread Landing

Mi Guangyu

(Yantai Institute of China Agricultural University, Yantai, Shandong 264043)

Zhuo Qitong Lyu Hongfeng

(College of Science, China Agricultural University, Beijing 100083)

**Abstract:** We investigate an interesting question: Why people think that the final state is usually butter-side down when the toast is tumbling from the table. It is a typical problem of rigid body rotation, so in the study reported here we tend to obtain an accurate description of the behavior of tumbling toast. It analyzes the movement of when the toast drops from the desktop, and when it drops to the ground. Furthermore, we obtain a formula for tumbling buttered toast landing and show that toast does indeed have an inherent tendency to land butter-side down for a wide range of conditions, which depends on the length of toast, the initial angle of inclination between toast and desk, and its falling height.

**Key words:** murphy's law; rotation; tumbling toast