

# 基于大学物理实验第二层次教学的学生创新能力培养探讨\*

曹峰 邓柏昌 陈浩基

[哈尔滨工业大学(深圳)理学院 广东深圳 518055]

王拴 纪纬 韩建卫

[哈尔滨工业大学(深圳)实验与创新实践教育中心 广东深圳 518055]

(收稿日期:2019-07-03)

**摘要:**从第二层次大学物理实验教学、全国大学生物理学术竞赛和大学生创新能力培养之间关系的角度,分析了大学物理实验第二层次教学和大学生物理学术竞赛中存在的学生能力培养不足的问题,提出了在大学物理第二层次实验教学中,通过深挖学生创新能力培养的内涵,并与全国大学生物理学术竞赛成果相融合来提高学生创新能力培养的途径。

**关键词:**大学物理实验教学 创新能力培养 中国大学生物理学术竞赛(CUPT)

## 1 引言

目前,建设创新型国家的战略目标和建设“双一流”学科的首要任务是:培养具有创新型的科研人才.近几年来,各学科为培养科研创新型人才进行了大量的教学改革研究<sup>[1~6]</sup>.

大学物理实验课程作为培养大学生综合素质的实验课程,在培养学生创新意识、创新能力方面具有不可替代的重要作用.因此,大学物理实验的教学改革也成为人们研究的热点<sup>[7~10]</sup>.

我校[哈尔滨工业大学(深圳)]是一所在深圳特区兴建的大学,为充分发挥物理实验教学的创新能力培养作用,在借鉴国内高校大学物理实验教学方面成功经验基础上,为解决物理实验教学中存在的实际问题,我们研究和分析了大学物理实验教学体系中第二层次实验教学和培养学生创新能力的关系,以及和全国大学生物理学术竞赛融合的关系,对大学物理实验教学如何培养学生创新能力提出了新的认识.

## 2 大学物理实验教学体系和培养学生创新能力的关系

### 2.1 大学物理实验教学体系实施过程中学生创新能力培养不足的问题

大学物理实验教学体系一般分3个层次设置,第一层次为基础验证性实验,第二层次为综合性提高性实验,第三层次为设计性或研究性实验.

第一层次实验是在教师指导下,培养学生掌握物理实验中基本的操作技能.

第二层次实验是学生在已经掌握了基本实验常识和基本技能后在教师指导下进行的相对提高的训练,主要培养学生理论联系实际的能力.

第三层次实验相比第一、二层次的实验,在培养学生创新能力方面更具有直接性.在该层次实验教学实施过程中,学生需根据教师给定的实验条件和目标,独立地设计实验方案,挑选相应的实验仪器,在教师的引导下完成实验的操作及数据处理,并写出具备基本科研训练的实验报告或论文.

\* 2017年哈尔滨工业大学(深圳)本科课程(大学物理实验)建设项目,项目编号:HITSZUCP17023

作者简介:曹峰(1979-),男,副教授,研究方向为光学功能薄膜、太阳能光谱调控、红外辐射调控.

通讯作者:纪纬(1991-),女,助理实验师,研究方向为大学物理实验教学法.

在这3种物理实验教学体系设置中,由于受到教学时数和教学资源不足的限制,导致第三层次物理实验教学时数设置相比第一、二层次实验教学时数较少,第一和第二层次物理实验教学仅局限于学生循着教师的示范操作做一遍,得到一些数据和结论后写出实验报告,并没有对物理实验中出现的深入的问题进行深入的探讨.这些问题都将在物理实验教学过程中制约大学生创新能力培养.

近几年,在我校学生评教结果中,有学生认为:“大学物理实验和大学物理理论课没有联系”“感觉物理实验与专业课无关,以后的学习和工作中也用不上”,甚至说“物理实验占用了他们的专业学习时间”.学生的评教结果都和上述问题相关,说明在大学物理实验教学过程中,学生学习是被动消极的,实验创新能力培养并没有在他们身上凸显出来.

## 2.2 大学物理实验第二层次实验教学中学生创新能力培养的挖掘

为发挥大学物理实验教学在学生能力培养过程的积极作用,在大学物理实验三层次教学过程中,我们认为:应重视挖掘第二层次大学物理实验教学学生创新能力培养的作用.因为第二层次的物理实验教学项目除具有只需最简单的仪器和设备、最基本的物理原理就能使学生清晰地认识自然界规律的特点外,还内涵许多培养学生科研创新能力的内容需要我们去挖掘.另外,学生的科研创新能力提高也需要通过第二层次物理实验教学获得一定的综合素质与能力后,再经过科学实践训练获得,因此,在第二层次教学体系中开发和挖掘培养学生创新能力提高的教学内容,让学生在该楼层接受大学物理实验基本方法和技能等方面系统训练的同时,继续去探索该实验中挖掘出来的提高性实验内容,使教学和科研有效融合,学生创新能力培养能得到有效的提高.

以第二层次双光栅测量微小振动实验为例,该实验依据位移光栅的多普勒频移原理,通过双光栅形成光拍来精确测定微弱振动位移,这是一个设计巧妙,能提高学习兴趣的实验,其测量技术广泛应用于精密测量领域中.目前,在这个实验过程当中,教师主要是指导学生调试光栅,寻找音叉谐振的频率,通过准确测量音叉谐振时半个周期内光拍的个数,

计算音叉谐振振幅,并测量外力驱动时音叉的谐振曲线.由于该实验综合运用了力学、热学、电学、光学等方面的知识,且多普勒效应是大学物理重点教学内容,所以该实验的教学既能开阔学生的理论视野,又能启发思维.但由于受到学时数限制,多数学生在课堂上仅按照教师的示范操作完成实验,课后处理数据之后并没有对实验当中出现的问题去进一步思考,因而也没有引起对该实验的兴趣或没有达到学生能力培养的要求.事实上,该实验存在下列几个待进一步思考的问题,可挖掘出来提供给学生进一步研究.如:

(1) 学生调试双光栅时得到“毛刺”现象,即调试得到的光拍信号波形和理论波形相差太大.为什么会出现“毛刺”现象,“毛刺”现象的产生,和实验装置设计有何关系,以及如何消除“毛刺”现象,这些都是很好的,需要深入探讨的研究性课题,挖掘出来给学生在教师指导下去进行理论和实验研究,可以激发和培养学生的学习兴趣和创新能力.

(2) 双光栅实验过程中,学生需通过调节频率使音叉谐振以后,改变音叉附着质量去观察音叉的振幅大小改变(示波器显示的拍频波的个数的改变),这个教学内容可结合计算机数据处理进一步挖掘,即学生在做该实验内容的同时,可要求他们多测几组数据,利用计算机去拟合出附着质量大小改变与音叉振幅改变的关系曲线,找出函数关系,并进行误差分析,不但可以丰富该实验项目教学内容,还可促使学生在已有实验仪器及条件下,通过进一步分析、综合和判断实验现象,达到研究创新能力有效的提高.

## 3 大学物理实验教学体系和全国大学生物理学术竞赛(CUPT)相互融合研究

### 3.1 大学物理实验教学体系和全国大学生物理学术竞赛(CUPT)的关系

自2010年7月首届中国大学生物理学术竞赛在南开大学举办以来,目前全国大部分高校都把这个竞赛作为大学生创新能力培养的一种有效手段,并作为第三层次物理实验教学内容的扩充.这个竞赛每年的17个竞赛题,包含了力学、热学、电学、光学等日常生活物理和实际工程技术物理问题,参赛

学生要准备所有题目,其研究过程必须经历查阅与题目相关的大量书籍、文献;确定题目相关的研究历史、研究现状以及可能的研究结论.并在此基础上,运用所学的知识去分析题目所含的物理机制,拟定实验方案并进行多次实验.在实验过程当中,参赛学生还需设定具体的测量物理量(一般参赛题目中不直接给定),研究各物理量的动力学过程以及相互作用.最后还需分析各种实验方案所得到的结论是否合理,并对实验方案进行优化,给出较为合理的结论,并以科技论文的形式写出研究报告<sup>[11]</sup>.

实践证明:竞赛可以培养学生严谨的科研态度和自信心,即“在以后的研究工作中,只要通过努力就能得到完美的结果”.但不足的是:这个“精英教育”过程存在着教学资源分配不均,少数学生受益,虽然每年在校内针对全校学生以科技节形式举办选拔赛,但多数学生还是没有参与.另外,由于竞赛是在学生经过第一、二层次物理实验教学过程训练之后,且已在掌握用物理实验的方法去观察、分析、研究物理现象的基础上参赛,因此,大学生物理学术竞赛具有弥补第一和第二层次物理实验教学不具备的开放性、研究性等学生创新能力培养的缺失和不足.从这个角度去看,第二层次大学物理实验教学和大学生物理学术竞赛两者之间具有相互依存和补充的关系,如能将两者相互融合起来,将有效地提高学生创新能力的培养.

### 3.2 大学物理第二层次实验教学和大学生物理学术竞赛相互融合的方法

由于每年的竞赛题目来源于力学、热学、电学、光学等日常生活物理和实际工程技术物理问题,因此,第二层次物理实验教学和大学生物理学术竞赛两者的融合途径主要有以下两种:

(1) 将竞赛成果作为第二层次大学物理实验教学内容扩充.即深入总结和挖掘大赛的丰富资源和成果(包括竞赛内容,所用的实验方法及仪器),将其嵌入到第二层次大学物理实验教学过程中去,让全体学生受益.

(2) 在校内举办多场科技节,让更多学生都来参与,全面提高大学生人才培养质量.

如2019年大学生物理学术竞赛第15题“牛顿

摆”,该题是要研究一个球与多个彼此独立且彼此接触的同质等大的球构成的球链相互间的碰撞作用,如图1所示,并研究摆受哪些因素影响停下来.这个竞赛题可以和我校开设的、属于第二层次物理实验教学的碰撞打靶实验相互融合,作为碰撞打靶实验培养学生创新能力的教学拓展.碰撞打靶实验其实实验原理是动量守恒定律和能量守恒定律,而牛顿摆的碰撞不能简单用动量守恒和能量守恒定律来解决,因为牛顿摆的碰撞属于一种球体(或球链)与球链之间的冲击作用,需要建立新的模型,即质点和与之相联的弹簧构成的模型<sup>[12]</sup>,来考虑球与球链之间碰撞过程中的变形,如图2所示.

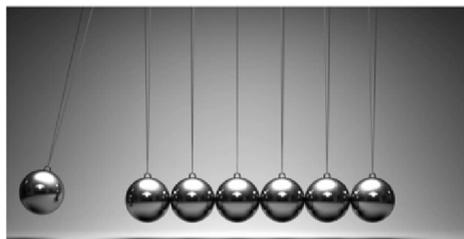


图1 牛顿摆



图2 质点—弹簧模型

通过将动量和能量在球链上的传输过程等效为动量和能量在质点和弹簧之间的传输来解决传输过程中的能量耗散.这种牛顿摆的分析模型具有很好的开放性和研究性,如融入到碰撞打靶实验中,引导学生采用以上模型,应用计算机进行数值模拟分析碰撞结束后飞出去小球个数、反弹回来的小球个数以及小球各自的速度,并通过实验验证数值模拟分析的正确性,可以让学生得到一次系统的科研训练,既提高了学生的理论水平,又能提高学生对科学实验的兴趣,我们的教学经历证明了这一点.

## 4 结束语

本文探讨了大学物理实验教学体系中第二层次实验教学与全国大学生物理学术竞赛以及大学生创新能力培养之间的关系,分析了大学物理实验第二层次教学和大学生物理学术竞赛中存在的学生创新能力培养不足的问题.在此基础上,提出了在大学物

理实验教学中,提高学生创新能力培养的两种有效途径:

(1) 深挖第二层次实验教学中学生创新能力培养的内涵;

(2) 将全国大学生物理学术竞赛成果融合到第二层次大学物理实验教学中. 并通过双光栅实验和碰撞打靶实验实例对两种有效路径进行了说明.

我们的教学实践证明,上述两种途径确实有效地提高了物理实验教学中学生的创新能力,有效提高了大学物理实验课的教学质量,为进一步深入开展大学物理实验教学改革奠定了基础.

### 参考文献

- 1 李学慧,张萍,刘军. 浓缩科研成果融入基础实验教学[J]. 实验技术与管理, 2003, 20(3): 56 ~ 58
- 2 钱洁,石嘉豪,费俭. 模拟科研情境,开展研究型实验教学[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(1): 132 ~ 134
- 3 于兵川,吴洪特. 实验教学与科研有机结合,培养学生创新意识和能力[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(2): 76 ~ 87.
- 4 张红光,孙晓娜,纪常伟,等. 开放实验室,培养大学生的创新精神和实践能力[J]. 实验技术与管理, 2011,

- 28(6): 16 ~ 19
- 5 王晓明,易兵,徐瑞宇. 基于创新、创业能力培养的新型实验教学模式的构建[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(2): 15 ~ 17
- 6 周宏敏,熊文,陈伟,等. “双一流”背景下的一流学科平台建设思考[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(3): 23 ~ 25
- 7 邓柏昌,屈晔,刘伟峰,等. 科学研究和大学物理演示实验融合的探讨[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(7): 167 ~ 169
- 8 关寿华,郑建洲,张萍. 开放物理实验教学模式的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(7): 238 ~ 240
- 9 姚列明,霍中生,胡松君. 基于研究性教学的大学物理实验教学实践[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(1): 137 ~ 139
- 10 王合英,孙文博,陈宜保,等. 自主探究实验对学生综合素质和创新能力的培养[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(12): 24 ~ 28
- 11 张晚云,曾交龙,陆彦文,等. 依托大学生物理学术竞赛,培养高素质创新人才[J]. 大学物理 2011,30(6):35 ~ 37
- 12 F. Hermann and M. Seitz. How does the ball-chain work[J]. Am. J. Phys. 1982., 50(11): 977 ~ 981

## Discussion on Cultivation of Students' Innovation Ability Based on the Second Level Teaching of University Physics Experiment

Cao Feng Deng Baichang Chen Haoji

(School of Science, Harbin Institute of Technology, Shenzhen, Guangdong 518055)

Wang Shuan Ji Wei Han Jianwei

(Experimental and Innovative Practice Education Center, Harbin Institute of Technology, Shenzhen, Guangdong 518055)

**Abstract:** Based on the relations between undergraduate innovative ability and second level college experimental physics teaching and China Undergraduate Physics Tournament, this paper reveals the problems of the undergraduate innovative ability training in second level college experimental physics teaching and in China Undergraduate Physics Tournament. A way to improve the undergraduate innovative ability training in second level college experimental physics teaching is presented, which is the deep exploration of the connotation of the undergraduate innovative ability in second level college experimental physics teaching, with the integration of the results of China Undergraduate Physics Tournament to the second level college experimental physics teaching.

**Key words:** college physical experiment; undergraduate innovative ability training; china undergraduate physics tournament (CUPT)