

大学物理实验课程思政和创新教育探索*

——以光敏传感器实验为例

黄文奇

(北京信息科技大学理学院 北京 100101)

于岩

(北京信息科技大学马克思主义学院 北京 100192)

(收稿日期:2021-12-26)

摘要:大学物理实验课程是所有理工类专业学生进入大学后接触的第一门实验课程,在高校人才培养体系中具有十分重要的地位.光敏传感器在现代工业领域具有广泛的应用,其原理包含丰富的物理内涵和思想,是实施课程思政和创新教育的良好载体.详细阐述了光敏传感器实验中所蕴含的思政元素,并介绍了如何利用光敏传感器进行创新实验探索,以达成全方位培养学生科学素养和创新精神的目标.

关键词:光敏传感器实验 课程思政 创新教育

1 背景

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上强调,要用好课堂教学这个主渠道,各类课程都要与思想政治理论课同向同行,形成协同效应^[1].大学物理实验课程是所有理工类专业学生进入大学后接触的第一门实验课程,是理工科的基础必修课,在高校人才培养体系中具有十分重要的地位.光敏传感器实验是工科专业本科生必做的一个物理实验.光敏传感器具有非接触、响应快和性能可靠等优点,在现代工业自动控制和智能制造领域具有广泛的应用^[2].此外,光敏传感器是近代物理和半导体技术结合的产物,其基本原理包含了丰富的物理内涵和思想,了解和使用光敏传感器对于工科专业学生来说是十分必要的.因此,光敏传感器实验是进行课程思政教育的良好载体.

本文将结合作者在实验教学过程中的经验和体会,阐述光敏传感器原理和应用中所蕴含的科学精神、思想和辩证法原理等思政元素,以及如何在实验教学过程中引导学生使用光敏传感器进行创新实验,以达到全方位培养学生科学素养和创新精神的目标.

2 光敏传感器实验中的思政元素

光敏传感器的基本原理是光电效应,包括了内光电效应和外光电效应,其研究历史过程曲折,凝结了众多科学家的智慧^[3];而光敏传感器研制则需要涉及半导体物理、半导体工艺等学科知识,这些学科理论还在高速发展中,有许多重大科学和技术问题还有待破解^[4];得益于我国对科技和科技人才的重视,中国科学家在这些领域取得了许多原创性的成果.因此,这些内容都是光敏传感器实验实施课程思政教育的好素材.

(1) 光电效应研究史中的科学思想和精神

1839年,年仅19岁的贝克勒尔在将光波照射到电解池时,发现了光生伏特效应.1873年,史密斯在测试硒圆柱高电阻性质时发现其具有光电导效应.1887年,赫兹在做电磁波的发射与接收实验中观察到光电效应,但没有对该效应做进一步的研究.1900年,莱纳德发现紫外线会促使气体发生电离作用,之后发表了著名的“触发假说”.这个假说被学术界广泛接受,但却无法解释一些问题:如果电子本来在原子中就已经拥有了动能,那么将阴极加热后,电子应该会获得更大的动能,但实验并未测量到任何结果.

* 北京信息科技大学高教研究项目,项目编号:2021GJYB12

作者简介:黄文奇(1984-),男,博士,高级实验师,主要从事物理实验教学与创新研究.

1905年,爱因斯坦提出光量子假设:光束是由一群离散光量子组成,每个光量子的能量等于频率乘以普朗克常数.如果光量子的频率大于某极限频率,则光子拥有足够能量来使得一个电子逃逸.爱因斯坦极具想像力与说服力的论述成功解释了光电效应,但却违背了麦克斯韦的经典电磁学理论,遭到学术界的强烈质疑抗拒.直到在被密立根的实验证实后多年,光量子假说才逐渐被学术界接受.

我们在实验教学过程中讲解这段历史时,会着重强调其中的辩证思想和科学方法.光电效应的研究完美体现了认识与实践的辩证关系.从赫兹等科学家通过实验发现了光电效应到菲利普·莱纳德提出“触发假说”,从爱因斯坦提出光量子假设理论到密立根通过实验证实其正确性.实验不断地推动理论认识的更新,正确的理论认识反过来指导实践的方向,而错误的认识则会遭到实践的检验批判.此外,对光电效应的认识也体现了认识的反复性和无限性原理.光电效应首先由赫兹发现,对发展量子理论及提出波粒二象性的设想起到了根本性的作用;莱纳德用实验发现了光电效应的重要规律;爱因斯坦则提出了正确的理论机制.人类对光电效应规律的认识在不断更新,而且永远不会结束.这就要求我们要与时俱进,不因循守旧,要开拓创新,不断追求新的成就.

(2) 光敏传感器研制中的启示

尽管在19世纪就已经在硒中发现了光电导效应,但光敏传感器的研究热潮则是半导体光电子学诞生后,这要归功于光纤通信需求的强烈拉动下对半导体光电子材料和器件的快速发展需求.如今半导体光电子学仍然在不断地快速发展中,依然存在许多科技无人区,其中一些科技难题是世界各国争相占领的制高点.例如,硅基光电集成是解决摩尔定律极限问题的重要途径,其中硅基激光器是硅基光电集成领域有待突破的难点^[5];此外,中红外波段在自由空间通信、传感和气体检测等领域具有重要的应用前景,目前硅基光电探测器只在近红外波段具有很强的竞争力,如果能将其带隙扩展到中红外波段,将对中红外光子学产生深远的影响^[6,7].

习近平总书记在科学家座谈会上指出:现在,我国经济社会发展和民生改善比过去任何时候都更加需要科学技术解决方案,都更加需要增强创新这个

第一动力.半导体光电子学是正在高速发展的学科,还有许多“从0到1”的突破有待解决,在光敏传感器领域还有很多的无人区有待探索.因此,在实验教学中,我们会着重介绍光敏传感器领域一些亟待解决的科学难题,激发学生们学习兴趣和求知欲望,树立科研报国的远大志向.

(3) 中国科学家在光敏传感器研究中的贡献

在半导体光电子学领域的研究中,中国科学家也做出了卓越的贡献,黄昆院士是其中的佼佼者.黄昆是国际著名的物理学家,他是我国固体物理和半导体物理学的奠基人.他在我国的科技事业百废待兴之时,放弃国外优厚的科研和生活条件,全身心地投入到我国的半导体事业建设中.他提出了描述晶体光学声子和电磁场耦合振动模式的“黄方程”、声子辐射和无辐射跃迁的“黄-里斯理论”和超晶格光学振动的“黄-朱模型”,在国际上享有盛誉^[4,8].此外,女性科学家也对中国的半导体事业做出了卓越的贡献,被称为我国“半导体之母”的谢希德先生更是其中的典范.在思想落后和战乱不止的旧社会,谢希德克服了残疾和疾病的困扰,辗转求学,获得了麻省理工学院的博士学位.之后又冒着风险回国,先后在北京大学和复旦大学等高校任教,参与编著了《半导体物理》和《固体物理学》等教材,为我国半导体学科建设和人才培养做出了巨大的贡献^[4].

科学无国界,但科学家有祖国.我国科技事业取得的历史性成就,是一代又一代矢志报国的科学家前赴后继、接续奋斗的结果.在这长期科学实践中积累的科学家精神是值得我们大力弘扬和学习的.在实验教学中引入这些科学家的相关事迹和精神,有助于帮助学生们建立胸怀祖国和服务人民的优秀品质,形成追求真理、严谨治学和勇攀高峰的学风.

3 光敏传感器实验的创新实验探索

3.1 创新实验选题

创新是一个民族的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力.光敏传感器在日常生产生活中具有广泛的应用,很适合进行创新应用.因此,除了在实验课堂教学中引入思政元素外,我们还以开放实验的方式引导学生对光敏传感器作进一步的研究和创新探索.我们提供了丰富的创新题目,学生可以根据自己的兴趣和和能力选择合适的题目和难度进行创新设

计实验.以下列举了我们在光敏传感器开放实验中提供的创新选题,以供读者参考.

(1) 无线红外耳机

红外光对可见光具有良好的抗干扰能力并具有功率小的优点,很适合短距离传输声音信号.而光敏三极管对于红外光信号具有很好的检测接收能力,红外无线耳机利用光敏三极管的光电转换和无线特性,将声音信号进行无线传输和接收.此装置主要由发射单元、接收及存储单元组成,如图1所示.红外发射部分将声音信号通过三极管加载到红外管上发射出来;接收部分则将接收到的红外光转化成电信号并将之分成两路:一路直接通过功率放大在耳机上输出,另一路则将声音信号 A/D 转换后送进存储部分以备需要时调用收听.

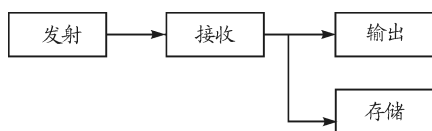


图1 无线红外耳机装置系统图

(2) 智能太阳能隧道灯

在我国的铁路和公路中存在大量隧道,目前国内大多数隧道灯都是“长明灯”,导致能源的大量浪费.智能太阳能隧道装置正是本着遵循节约能源,保护环境的理念而设计的,如图2所示.该装置以太阳光为能源,通过单片机的控制设计不仅解决了隧道中隧道灯适时开闭和能源供给的问题,还模拟了实际隧道的各种情况,当隧道内出现各种突发状况时能及时报警,具有很强的实用性和现实意义.

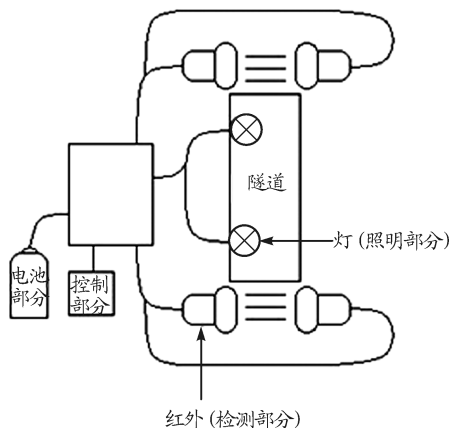


图2 智能太阳能隧道灯的装置系统图

(3) 大气能见度监测

大气能见度是用特殊标志或发光体的可视距离来表征大气透明度的物理量.工业污染的加重与异

常气候的活跃,由雾、霾、污染等各种因素导致的极低能见度天气频繁发生,提高能见度的监测能力迫在眉睫.此装置利用光在大气中传播受到的直接衰减原理,根据激光在大气中衰减幅度的大小将能见度分成不同的等级.该系统由密闭装置、显示部分和测量部分3个部分组成.其中密闭装置用于放置激光发射器和光敏器件等;测量部分主要由放大电路、二氧化碳传感电路、能见度信号处理电路等组成;显示部分用于显示测量结果,包括电压、能见度分级显示,如图3所示.



图3 大气能见度监测装置系统图

(4) 发光二极管参数测量

发光二极管(LED)是世界上产量最多的半导体光电产品,无论是计算机,家用电器,照明等领域都广泛地采用LED,检测LED的特性参数对于合理使用LED有着重要的意义.本装置的设计就是为了测定LED的各种基本参数,包括安全工作电压和电流,伏安特性,光照强度特性,光强分布特性和颜色值,其装置系统图如图4所示.该装置可以用于测量LED的出厂参数,还可以用于LED参数测量教学.

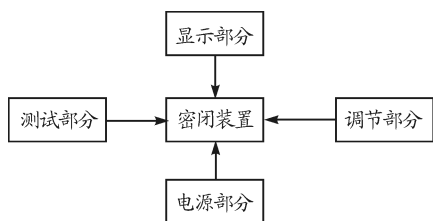


图4 发光二极管参数测量装置系统图

(5) 非接触式测温

在任何温度下,物体都会以红外波的形式向外辐射能量,其红外波的形状和峰值的位置由物体表面的温度决定.红外光传感器可以接收从被测物体表面发射的红外辐射能量,并输出电压信号,从而测量被测表面的温度.非接触式红外测温具有非接触、响应快和准确度高优点,在当前疫情防控背景下具有很强的实用性和安全性.

本装置利用红外光敏传感器采集人体的红外电磁辐射能量,并使用单片机进行数据的采集存储和

处理,最后将其显示人体温度,其装置系统图如图5所示.

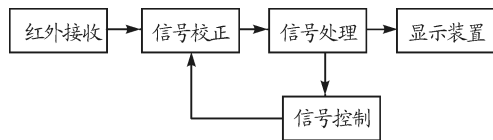


图5 非接触式测温装置系统图

3.2 创新实验教育实施方法

我们在实施创新实验教育全过程中,主要分成了4个步骤.首先,在实验课程的讲授中引入光敏传感器在生产生活中的创新应用示例,并向学生们展示往届学生的创新实验作品,让学生们主动分析和评价这些作品的优缺点,锻炼学生的创新和批判思维.随后,在课堂结束前公布以上开放实验选题,课后学生们根据自己的兴趣和和能力选择题目并组成团队进行创新实验.实验室提供进行创新实验所需的器材和场地,并有专职教师进行现场指导.第三,在开放实验结束后,教师根据学生们的创新实验能力和作品进行综合评分,选拔优秀的学生或团队参加全校性的物理实验竞赛.最后,根据学生的校内竞赛结果,选拔优秀的学生或团队参加北京市物理实验竞赛或iCAN国际大学生创新创业大赛等赛事.

3.3 创新实验教育成效

近年来,通过光敏传感器开放创新实验选拔出来的学生参加北京市大学生物理实验竞赛,共获得一等奖2项,二等奖3项和三等奖5项.除了锻炼学生的创新实践能力,我们还鼓励学生将装置和测量数据成果整理成论文发表在相关学术期刊,进一步训练学生的科研能力和学术表达能力.截至目前,已发表相关论文6篇^[9-14],多名学生赴中国科学院、北京邮电大学和北京交通大学等重点高校深造.通过理论与实践的紧密结合,可以帮助学生巩固课堂知识,提高动手能力.进一步激发学生的求知欲望和创新精神,实现课程思政全方位和全过程育人的目标.

此外,依托实验课程的思政教育和创新教育探索,教师也积极参与教学和竞赛研讨.近年来获批校级教学和课程改革项目多项,发表相关教学改革论文多篇^[2, 15, 16].笔者获得2015年第六届校级实验教学基本大赛一等奖和2019年高等学校物理基础课程(实验)青年教师讲课比赛北京赛区二等奖.真正做到了教学相长,教师和学生共同进步.

4 总结

光敏传感器实验是工科专业本科生必做的一个物理实验,蕴含了丰富的思政元素,是实施课程思政教育和创新教育的良好载体.本文首先阐述了光敏传感器实验中蕴含的思政元素,主要包括光电效应的研究史、光敏传感器研制中的启示和我国科学家在相关领域的杰出贡献;其次举例论述了如何利用光敏传感器进行创新实验教育和取得的成效,以实现课程思政全方位和全过程育人的目标.

参考文献

- 1 习近平.把思想政治工作贯穿教育教学全过程开创我国高等教育事业发展新局面[N].人民日报,2016-12-09
- 2 黄文奇,杨虹.光敏传感器实验课程改革探索[J].大学物理实验,2016,29(1):119~121
- 3 陈彪,杜晓燕,门高夫.关于开设内光电效应实验的探索与思考[J].物理实验,2015,35(1):30~32
- 4 石锋,韩秀君,张灵翠,等.固体物理学发展简史[J].物理学进展,2021,41(4):170~187
- 5 朱元昊,温书育,何力,等.后摩尔时代硅基片上光源研究进展[J].微纳电子与智能制造,2021,3(1):136~149
- 6 郑军,刘香全,李明明,等.新型硅基IV族合金材料生长及光电器件研究进展[J].光子学报,2021,50(10):225~234
- 7 张璐,柯少颖,汪建元,等.硅基IV族材料外延生长及其发光和探测器件研究进展[J].中国科学:物理学,力学,天文学,2021,51(3):1~11
- 8 王少熙,汪钰成,李伟.“半导体物理器件”课程思政建设方法[J].教育教学论坛,2021,42:105~108
- 9 张敏,林晖明,杨虹,等.空气能见度和CO₂浓度测量装置的设计与研究[J].现代电子技术,2013,36(23):107~109
- 10 赵晖,蒲元培,黄文奇,等.简易发光二极管测试仪的设计研究[J].现代电子技术,2012,35(21):164~166
- 11 杨虹,黄文奇,赵晖,等.密立根油滴实验的无线激光通信传输演示[J].大学物理实验,2011,24(6):43~45
- 12 黄文奇,尹耀,李存壺,等.智能太阳能隧道灯的仿真设计研究[J].现代电子技术,2011,34(23):175~177
- 13 杨虹,黄文奇,谢谦.激光、红外无线收听音频信号装置的研制及效果分析[J].数字技术与应用,2010(6):7~7
- 14 王鑫慧,杨虹,王龙河,等.多元方法研究单摆运动特性[J].大学物理实验,2015,28(1):48~50
- 15 杨虹,沈端,张苍山,等.先思后行是做好物理实验的关键[J].物理与工程,2014,24(S2):71~72

空气的浮力与不连续性 对密立根油滴实验测量值影响的定量分析

刘宇飞

(桂林理工大学理学院 广西 桂林 541008)

刘小良

(中南大学物理与电子学院 湖南 长沙 410083)

(收稿日期:2022-01-12)

摘要:密立根油滴实验通过测定带电油滴所带的电荷量来测定基本电荷的电荷量,并验证电荷的量子化效应.为了实验的方便,一些常用实验方法中将油滴所受空气浮力忽略,甚至忽略空气的不连续性对空气粘滞系数的影响,导致了测量结果的系统误差.基于静态法,定量讨论空气浮力及其不连续性对油滴电荷量测量结果的影响,发现忽略空气浮力所产生的相对误差不超过0.1%,而忽略空气的不连续性所产生的相对误差可以超过15%.因此,在实验中必须考虑空气的不连续性对空气的粘滞系数的影响,从而提高油滴带电荷量测量的精度.

关键词:密立根油滴实验 油滴带电荷量 空气浮力 空气不连续性 系统误差

密立根油滴实验最先是由美国的物理学家密立根(R. A. Millikan)设计出来的,用以测定基本电荷的电荷量并证实电荷的量子化现象^[1].实验中先测量出大量带电油滴所带的电荷量值,然后采用逐

差法或作图法计算出基本电荷的电荷量,或者说电子的电荷量^[2~4].此外,随着基本电荷电荷量测量精度的大大提高,已经得到公认的基本电荷的电荷量值为 $e=(1.602\ 177\ 33 \pm 0.000\ 000\ 49) \times 10^{-19} \text{ C}$ ^[5],

16 黄文奇,杨虹,曾浩铭,等.光电传感实验教学与大学生
创新实践[C].第六届全国高等学校物理实验教学研讨

会,2010.389~391

Exploration on Ideological and Political Education of Curriculum and Innovation Education of University Physics Experiment Course ——Taking Photoelectric Sensor Experiment as an Example

Huang Wenqi

(School of Applied Science, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100101)

Yu Yan

(School of Marxism Studies, Beijing Information Science and Technology University, Beijing 100192)

Abstract: The physical experiment is the key course when carrying out ideological and political construction in colleges and universities. Experimental course of photoelectric sensor contains rich ideological and political elements which are suitable for carrying out ideological and political education. In this paper, the scientific spirits, ideas and dialectics principles of photoelectric sensor experiments are elaborated in detail. In addition, the way of how to implement innovative experiments is elaborated to achieve the goal of 360-degree model of education.

Key words: experimental course of photoelectric sensor; curriculum ideological and political education; education of innovation