

文章编号:1005-4642(2020)11-0028-07

“真做实测,寓教于乐”的居家DIY物理实验 教学设计、实践与启示

刘伟龙,赵海发,李俊庆,娄秀涛,黄丽,辛丽,高金伟,赵景庚,
魏波,姜泽辉,张盛,赵华,林珊,乌大琨,王一,张宇

(哈尔滨工业大学物理学院物理实验中心,黑龙江哈尔滨150001)

摘要:为应对突发疫情给实验教学造成的困境,哈尔滨工业大学物理实验中心推出了以“真做实测,寓教于乐”为特色的系列居家DIY物理实验线上课程,探索了线上物理实验教学的新模式.本文介绍了面向全校工科专业的居家大学物理实验线上课程的教学设计、实施方案与教学效果,总结了居家物理实验教学经验,提出实验室内外、线上线下混合式教学内容的设计思路.

关键词:居家DIY物理实验;教学设计;教学效果

中图分类号:G642.423

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2020.11.005

2020年春季学期,为应对突如其来的新冠肺炎疫情,教育部发出“停课不停教、停课不停学”的号召,教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会、大学物理实验专项工作委员会第一时间对在线大学物理实验课程提出了专门的指导方案^[1-2],广大高校物理实验教师集思广益,探索在线物理实验教学新模式^[3-8],《物理实验》《物理与工程》等杂志利用公众号介绍全国在线大学物理实验课程的经验,这些工作有力地促进了居家物理实验教学的开展.

哈尔滨工业大学物理实验中心积极行动,组织开展了以“真做实测,寓教于乐”为特色的居家DIY(Do it yourself)物理实验课程在线教学,开设了“大学物理实验A(2)”“大学物理实验B”“基础物理实验(2)”和“基础物理实验(4)”等多门课程,从3月下旬开出至6月下旬全部结束,取得了良好的教学效果.期间,与《物理实验》杂志联合举办了2期居家DIY物理实验分享交流会^[9],分享了实验项目的具体内容.本文对面向全校多数工科专业近2300人的第2学期“大学物理实验

A(2)”课程的整体设计原则、实施方案、教学效果等方面进行全面梳理和总结,并给出实验室内外、线上线下混合式教学模式实验内容设计方面的建议.

1 居家DIY物理实验项目的设计原则

哈尔滨工业大学物理实验中心一贯秉承“厚基础,强能力,重创新”的实践育人理念,疫情期间,实验中心坚持“实”字当先,提出“真做实测,寓教于乐”的居家DIY物理实验设计方针.全体教师共同努力,短时间内提出了30个可行的居家物理实验项目,经教研室精心遴选,选出22项作为面向工科学生“大学物理实验A(2)”课程的实验项目,实验项目及学生选课情况如表1所示.22个项目分批推出,第1批推出实验1~10,其中实验1~3为必做,实验4~7至少选做1项,实验8~10至少选做1项;第2批推出实验11~22,全部为选做内容.这些实验项目在设计方面贯彻了科学性、趣味性和可操作性的基本原则,同时融入了课程思政元素.

收稿日期:2020-09-19

基金项目:教育部高教司“基础学科拔尖学生培养试验计划”研究课题(No.20180215);教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会高等学校教学研究项目(No.DJZW201901db);黑龙江省教育厅规划课题(No.GJC1319025);哈尔滨工业大学创新实验项目(No.CXSY2018011);哈尔滨工业大学自制实验教学设备研究项目(No.ZZSB-2019-30)

作者简介:刘伟龙(1980-),男,吉林白山人,哈尔滨工业大学物理学院讲师,博士,从事物理实验教学及超快光谱学研究工作. E-mail:liuwl@hit.edu.cn



表 1 大学物理实验 A(2)课程的实验项目及学生选课情况

序号	实验名称	实验内容简介	所需器材	选课人数	选课比例
1	用单摆测重力加速度	用单摆测量重力加速度(多种方案).	细线、用作摆锤的重物、稳定的支架、秒表、手机传感器“单摆”或“磁力计”功能.	2 273	99.43%
2	蛇摆的设计与制作	用 10 个以上单摆制作蛇摆,观测其摆动规律.	细线、用作摆锤的重物、稳定的支架.	2 273	99.43%
3	看到乐音的音色之美	测量并分析 3 个以上不同音色乐器、不同音阶的频谱.	真实或虚拟乐器、手机声音传感器.	2 245	98.21%
4	感受乐音组合的和谐之美	测量并分析 3 个以上不同音色乐音的二和弦和三和弦的特点.	真实或虚拟乐器、手机声音传感器.	1 493	65.31%
5	吹瓶物理——亥姆霍兹腔效应研究	测量并分析瓶子发声频率和瓶子容积(空气)的关系.	不同大小的空瓶子、水、直尺或量筒、量杯、手机声音传感器.	959	41.95%
6	玩出来的美丽图形——薄膜的克拉尼图形	在薄膜上激发克拉尼图,分析激发频率、模式等与图案的关系.	气球或塑料薄膜、激发源(喇叭或手机音频发生器)、精盐或细沙.	37	1.62%
7	玩出来的美丽图形——薄板的克拉尼图形	在薄板上激发克拉尼图,分析激发频率、模式等与图案的关系.	金属薄板、自制琴弓、精盐或细沙.	5	0.22%
8	光栅衍射实验	测量光盘和(/或)手机屏栅格参量,计算光盘的容量和手机屏幕的分辨率.	激光笔、光盘、手机屏、米尺、格尺.	1 122	49.08%
9	夫琅禾费衍射实验	用单缝衍射和细丝衍射测量自制狭缝和头发丝直径.	激光笔、卡片或薄纸壳、头发丝、米尺、格尺.	346	15.14%
10	物体散热规律实验	观测并分析热水在自然降温和强迫降温时的散热规律.	家用温度计(最高量程 $>50\text{ }^{\circ}\text{C}$)、秒表、水杯或盆.	1 459	63.82%
11	声速的测量	利用驻波原理测量声波的波长从而计算声速.	2 部手机、光滑反射面、格尺.	1 965	85.96%
12	旋转纽扣实验	测量自制转盘的最大转速和实时转速,观察颜色组合现象.	纽扣、缝纫线、彩色笔、薄纸壳、小磁铁、手机传感器“磁力计”功能.	273	11.94%
13	双孔夫琅禾费衍射	根据双孔干涉条纹测量双孔的间距和圆孔的直径.	激光笔、薄纸壳或铝箔、细针、米尺、格尺.	683	29.88%
14	利用钢尺的光栅衍射测量激光笔输出波长	利用激光大角度斜入射到钢板尺上形成的衍射现象测量激光的波长.	激光笔、钢板尺或塑料格尺、米尺、另一把格尺.	647	28.30%
15	光的偏振与马吕斯定律	利用液晶屏发出偏振光的特性验证马吕斯定律.	手机或电脑液晶屏幕、偏光镜或 3D 眼镜、手机光强传感器、量角器或手机传感器“斜面”功能.	394	17.24%
16	“听”出来的碰撞恢复系数	用球的蹦跳时间间隔确定碰撞恢复系数,并分析其与入射速度的关系.	乒乓球或弹力球、地板、地砖或桌面、手机传感器“声学秒表”功能.	1 597	69.86%

续表 1

序号	实验名称	实验内容简介	所需器材	选课人数	选课比例
17	多普勒效应的实验验证	利用多普勒效应测量“手机秋千”摆动时的最大速度.	2 部手机、细线、稳定的支架、手机传感器“单摆”和“多普勒效应”功能.	589	25.77%
18	拉伸法测水的表面张力系数	基于自制微小力测量仪用拉脱法测量不同液体的表面张力系数.	金属细导线、稳定的支架、“砝码”、金属环、盛水容器、格尺.	52	2.27%
19	漫反射方法测量玻璃折射率	利用全反射原理测量玻璃(或塑料)的折射率.	激光笔、纸巾、较厚的玻璃或透明塑料板、格尺.	749	32.76%
20	随机误差的高斯分布验证	多次测量周期性事件的时间间隔,验证随机误差的高斯分布规律.	单摆、秒表、手机音频发生器.	1 068	46.72%
21	弦振动实验	观察驻波现象,研究弦线的振动频率与波长和线中张力的关系,验证乐音的“三分损益法”.	弦线、硬质纸盒或抽屉、格尺、重物、电动剃须刀等振源、手机传感器“声音频谱”功能.	56	2.45%
22	吹管物理	用自制半开腔排箫乐器研究轻吹和超吹的频率与管长的关系,并可计算声速.	粗细均匀的塑料吸管或玻璃管、橡皮塞、格尺、胶带、手机传感器“声音频谱”功能	30	1.31%

1.1 坚持科学性

居家 DIY 实验项目的设计以实验课程培养目标为指引,以教学大纲为根本遵循,坚持科学、严谨、不凑个数的原则,做到宁缺毋滥. 表 1 中列出的 22 个项目中有 11 个是实验室内开设的实验,将其改造为居家实验,提出与大纲基本一致的实验内容以及可行的测量和数据分析要求,确保实验内容的科学性.

尽管居家物理实验中数据测量借助 PhyPhox, Tracker 等手机软件或简易测量工具(如家用温度计、米尺等),数据测量的精度与实验室中的教学仪器相比显著降低,但是仍然针对不同实验对测量结果的准确性提出了具体要求. 例如,若用磁学方法测量单摆周期并计算重力加速度,测量结果与标准值之间的偏差要求在 2% 以内;在声速测量实验中,要求测得的声速与理论值之间的偏差在 5% 以内;表面张力系数实验中,测量结果与理论值之间的偏差在 10% 以内即认为合理. 此外,很多实验要求学生分析测量结果的误差来源,让学生感受到居家物理实验仍然是科学和严谨的. 通过这些具体的要求,引导学生用科学的方法研究身边的物理现象,并且对生活中常见的一些物理量有定量的认识,增强理论联系实际的能力.

1.2 体现趣味性

学生居家上网课,长期使用电脑、手机等,难免产生疲劳、乏味之感,因此在设计居家物理实验项目时着力增加了实验项目的趣味性,希望通过居家物理实验吸引学生,让学生动起来. 例如,乐音实验中,学生能直接看到不同音色声音的频谱及其组合效果,对日常生活中的声音和乐音有了更直观和科学的认识;声速测量实验中,学生直接看到理论课中讲过的声波的波节和波腹;碰撞恢复系数实验中,碰撞恢复系数居然可以“听”出来;自己曾经不太相信的误差统计规律经亲手证实确实是正确的! 实践证明,这些有趣的实验项目深受学生欢迎,学生选做的比例也相当高.

根据上述不同实验项目的特点,对实验报告提出了不拘一格的特殊要求. 有些项目侧重实验效果,则需提交照片、视频资料,如实验 2, 13 和 19;有些实验侧重实验规律的分析与讨论,则需学生自行查找资料提供文字材料,如实验 3, 4 和 12. 同时,为每个实验项目精心设计了思考题,旨在通过有趣的物理实验现象,引导学生思考生活中相关的科学问题,实现寓教于乐. 实验报告中还新增了“实验体会与感想”一项,鼓励学生动脑思考,对自己感兴趣的实验写出心得体会、意见和建议等,进一步提高学生的参与热情.

1.3 注重可操作性

在设计实验时,充分考虑学生居家实验的客观条件,主要从 2 方面解决可操作性问题:

1) 尽量选用居家容易获取的实验器材。从表 1 中可以看出,除激光笔之外,绝大多数实验器材都是在居家条件下能够获得的,鼓励学生就地取材,不增加经济负担。从实验结果来看,学生充分发挥主观能动性,实现了居家条件物尽其用,能够保证利用居家条件完成实验项目,动手能力得到了显著提高。

2) 设计的实验项目充足,为学生提供足够的选择余地。本学期大学物理实验 A(2)课程要求完成 9 个物理实验,提供了 22 个实验项目,其中 3 个为必做项目,其余 19 个为可选项目,保证学生有充分的选择空间,能够根据自身条件选做足够的实验,完成课程要求。

1.4 课程思政内容的设计

在居家上课期间,学生需要的不仅是知识点传授,更需要精神的鼓舞,这为做好“立德树人”教育提供了新的契机^[10]。在实验内容设计方面,主要通过以下润物细无声的方式融入思政元素:

1) 对实验内容和结果等提出具体、量化的要求,培养学生严谨、科学的实验习惯。居家物理实验所用的装置不复杂,但是所有装置都要求学生自己动手搭建,这与实验室环境下提供现成的实验装置完全不同,学生需要足够的细心和耐心才能获得满足实验要求的结果。典型实验是“蛇摆的设计与制作”,尽管实验原理不难,但却需要反复调节才能达到“1 个公周期之后所有摆同步复原”的实验要求,学生完成实验之后定能体会到科学实验中对细心和耐心的要求,端正学习态度。

2) 引入在物理学史中发挥重要作用的经典的实验,使学生了解科学发展的历程,学习科学家追求真理的勇气和科学精神。这方面的典型实验是“双孔夫琅禾费衍射”,尽管理论课中经常讲的是杨氏双缝实验,但是杨氏最初做的其实是双孔衍射实验^[11],在实验室线下课程中并没有开设此实验,在居家条件下若用激光笔做此实验,则简单易行。在实验原理中着力加入了光学发展历史的介绍,突出了该实验的重要地位。在实验内容中,将测量孔径和间距以及探讨双孔大小和间距等对实验结果的影响作为必做内容,将用自然光开展实验作为选做内容,鼓励学生尝试,提示学生思考光

的时间和空间相干性问题。这些设计不仅有助于提高学生理论联系实际的能力,而且能够使学生体会到科学发展的艰辛历程。

3) 在实验背景、应用等方面着力加入中国古代或现代的先进技术,尤其是本校研究成果的介绍。例如,在乐音系列实验中,介绍中国古代“三分损益”法对乐音理论的重要贡献;在转纽扣实验原理中阐述配重原理时,以本校在卫星、建筑工程等领域的标志性研究成果为例介绍配重原理的应用。通过这些特殊的设计,提升学生的民族自豪感,培养学生的爱国、爱校情怀。

2 居家 DIY 物理实验教学的组织与实施

2.1 教学资源的准备

居家 DIY 物理实验教学资源全部为电子文件,开课之前全部准备完毕,课后分 2 批向学生发布。电子版资源包括以下几方面的内容:

1) PPT 讲义。所有实验均提供 PPT 讲义,介绍实验目的、实验原理、实验内容、实验报告要求和注意事项等,很多实验提供实验装置和实验效果照片,或者实验数据处理与分析方法等材料,供学生在实验和分析数据时参考。

2) 视频资源。多数实验提供了实验操作或实验现象的短视频,个别实验项目提供 PPT 讲义的讲解视频(录课)。

3) Word 文档。对所有实验提供常见问题解答的 Q&A 文件,并在实验推出后根据学生反馈的问题持续更新。另外,有些实验项目(如:乐音研究、克拉尼图、表面张力系数测量等)提供课外阅读资料,扩展与此实验相关的知识。

2.2 课程组织与实施

为避免学生在多个教学平台之间反复切换,选用性能稳定、便于实时互动交流的 QQ 群作为唯一授课平台。开课前,将全部学生按院系和人数分组,建立 7 个 QQ 群,通过学院教学秘书通知学生进群,指派专人逐一电话联系未及时入群的学生,严格实行进群审查和群内实名制。开课后,在群里上传实验教学资源,要求学生在规定的时间内完成规定数量的实验。所有教师全部进入 7 个 QQ 群,随时回答学生的疑问,确保回答问题及时准确、无死角。及时整理和更新实验 Q&A 文件,一方面防止不同教师回复学生问题时出现解答不一致的情况,另一方面解决了教师多次重复

回答类似问题的困扰,减轻了教师工作量。

实验中心购买了专门用于接收学生实验报告的新网VIP邮箱,学生每完成1个实验后,在规定的时间内将实验报告发送到该邮箱,教师按时间顺序下载实验报告。教师批改完实验报告后,将成绩登录到实验中心网站,学生通过VPN访问网站即可查询分数。教师及时总结学生实验报告中出现的问题,持续更新,发布实验Q&A文件,并在QQ群内随时解答学生对实验报告或成绩方面的疑问,完成整个实验教学环节的闭循环。

为鼓励学生更好地完成居家物理实验,在学校的支持下与学工部门联合组织“居家物理DIY实验”优秀作品评选活动,评选出210份获奖作品,向获奖学生颁发获奖证书并给予物质奖励。荣获“十佳居家DIY物理实验”的10份优秀作品全部收入实验中心专门制作的“居家物理DIY实验”视频资料,面向全校展示,并永久珍藏。

图1为部分学生作品的照片,其中,(a)为用小药瓶、麻将和螺丝帽制作的蛇摆,(b)为薄膜克拉尼图,(c)为多普勒效应实验装置,(d)为物体散热规律实验装置,(e)为光盘衍射的实验效果,(f)为2种波长的双孔夫琅禾费衍射实验效果。



(a)



(b)



(c)

(d)



(e)

(f)

图1 部分学生的居家物理实验作品

3 居家DIY物理实验教学效果与学生评价

3.1 教学效果与反馈

居家DIY物理实验得到了学生的普遍认可和高度评价,很多学生在实验报告中表达了自己居家实验的体会和感想,对部分内容摘抄如下:

1)开始手足无措、无从下手到逐渐适应,从一个个零件的准备到最后搭建完成实验,这不单单是完成了实验任务,更重要的是体验了科学探索和克服困难解决问题的宝贵经历,同时提升了自己对学习的认识。

2)我感觉收获很大,将来的科研道路没有人会把什么都为你准备好,我们必须自己去探索。居家实验是一个启蒙,学会创造条件去完成实验是对我未来科研态度的一种培养。

从学生的反馈可看出,居家物理实验不仅促使学生在动手实践中发现身边的科学现象,增强了动手能力和理论联系实际的能力,更重要的是在一定程度上改变了学生学习和认知的方式,从被动接受理论知识或用已有条件进行机械式的测量,转变为主动创造条件并用科学的方法进行探究和分析,使物理实验课程成为开展科学研究工作的启蒙,这正是物理实验教学追求的目标^[12-13]。

本学期授课期间,正值哈尔滨工业大学百年校庆,不少学生在完成实验课程之后录制了短视频,表达对实验中心精心设计实验项目的感谢,以及对学校百年规格和功夫的礼赞,这些反馈体现了居家物理实验课程教学思政内涵的育人效果。

还有学生在实验报告中写道:

有趣的现象增添了我对物理实验和物理原理的兴趣,也让我的家人都感叹物理的神奇。

这次实验,我与我的父亲合作,他帮了我很大的忙,每个人身上都有很多值得学习的地方,而合作让我发现了别人的闪光点。

可见,以“真做实测,寓教于乐”为特色的居家

物理实验课程促进了亲子交流,对于缓解疫情期间学生和家长居家学习和工作的压力起到的积极作用,这是意外收获。

3.2 学生成绩统计结果

本学期共有 2 286 名学生参加了“大学物理实验 A(2)”课程的学习,其中 2 238 人顺利通过,48 人(占比 2.1%)因没有完成足够的实验项目导致课程不及格。图 2 给出了最终成绩统计结果,成绩基本符合高斯分布,统计平均分为 90.2,较往年明显偏高。

值得一提的是,有 1 名学生所有实验均得到满分,总分 100 分,该学生在 1 份实验报告中提到:居家物理实验从装置的准备,到实验中不断发现问题和解决问题,最后完成 1 份报告,都是 1 次珍贵的经历。实验看似容易,却需要耐心和准确性,实验数据处理也需要大量的时间,从这个过程中我收获了很多。

较高的成绩是对学生一学期居家实验课程付出和收获的肯定,也说明设计的居家实验切实可行,绝大多数学生能够利用居家实验条件完成要求的实验内容。



图 2 居家 DIY 物理实验课程的成绩分布

4 居家 DIY 物理实验教学经验总结与分析

为了总结居家 DIY 物理实验教学的经验,对本学期学生选课情况进行全面的整理,结果列于表 1 中。表 1 中总结的居家实验学生选课情况将为后疫情时代开展以“宿舍实验”为代表的实验室外物理实验教学工作提供参考。

1) 学生选课最注重的是实验条件的“易得性”。例如,实验 11 对实验结果的精度提出了较高的要求,学生要想测出满足要求的实验结果需

要反复尝试并进行细致的误差分析。实验 16 的数据处理涉及到对数函数线性化等内容,而且要求对至少 2 种以上材质的落球或地面做比较分析,工作量较大。但是选做这 2 个实验的学生是最多的。实验 6,7 和 15 要求的内容较少,相对简单,但是选课人数却不多,主要是因为不具备金属薄板、偏光镜片等实验条件。激光笔也是学生居家普遍不具备的实验条件,在 5 个利用激光笔的实验中,最受欢迎的实验 8 的选做人数也不足 50%,这说明即使买 1 只激光笔就可以完成 5 个实验,仍有半数以上的学生不愿为居家实验购买新器材。可见,学生选课最注重的是实验条件的“易得性”,这与线下实验课中越简单的实验选课人数越多的现象有明显差别。从表 1 可以看出,设计的实验中缺少电磁学实验,这也是居家物理实验中遇到的普遍性问题^[4,8],主要原因是电磁学实验需要的万用表等基本测量仪器是学生居家普遍不具备的。因此,今后开展实验室内外、线上线下混合式实验教学中最需要关注的是实验条件,尽量设计学生用现有的条件就能完成的实验项目,或者直接为学生提供小型、低价的实验器材^[3]。例如,南开大学光学课程为学生配备了激光笔,为疫情期间开展相关的居家实验创造了良好条件^[4]。

2) “趣味性”是学生选做实验的重要因素。例如,第 1 批推出的声学系列实验 3~5 引起了学生的极大兴趣,实验 4 和 5 的选做比例都很高,通过这些实验,学生对声音尤其是乐音有了科学的认识,而第 2 批推出的声学实验 21 和 22 尽管简单易行但选课人数却很少,因为多数学生转而尝试其他感兴趣的实验项目。比较实验 8,9,13 和 14 这 4 个激光衍射实验也容易看出,尽管光栅衍射实验要求的内容最多,但选课人数也多,因为通过衍射方法测量光盘容量和手机屏幕分辨率的内容更容易引起学生的兴趣。令人比较意外的是实验 20 这个看似“乏味”的验证性实验(该实验数据处理的工作量很大),选课人数却很多,学生在理论课中都学过随机误差的分布规律,但是对亲自验证这个规律仍然具有浓厚的兴趣。正如 1 位学生在实验报告中所说:“说实话,一开始我对随机误差是有点怀疑的,但实际情况出乎我的意料。这也提醒我对于物理问题不要用生活经验想当然地下结论,只有亲自动手做实验才能发现生活中的

现象都是符合物理规律的。”可见,兴趣是最好的老师,新颖、有趣的实验项目对学生更有吸引力。

3)实验内容的难易程度也是影响选课结果的因素。实验 12 和 18 所需的条件是居家容易获得的,实验 12 甚至是直接从玩具改造而来的,但是因为搭建实验装置或实验数据处理等方面较复杂,而且难度很大,导致这 2 个实验的选课人数较少。这说明在具备实验条件和满足自身兴趣的前提下,如果有足够的选择空间,学生仍然会避重就轻,选择相对容易完成的实验。

5 结束语

疫情期间推出的以“真做实测,寓教于乐”为特色的居家 DIY 物理实验课程取得了良好的教学效果,这得益于物理实验中心多年来在 DIY 自主创新性物理实验项目建设方面的积累^[14]。近年来的线下实验教学实践表明:DIY 物理实验项目一方面能够使学生深度参与到实验课程中来,从传统实验的被动学习方式向自己动手设计、搭建实验装置、分析测试结果的主动探究式学习方式转变,另一方面能够与现代科学技术紧密结合,提升学生的学习兴趣和理论联系实际的能力。本学期的居家物理实验教学实践说明:实验室外的物理实验课程在一定程度上改变了学生学习和认知的方式,为实验教学和人才培养方式的改革提供了新的契机;有助于促进由“教师中心”向“学生中心”的转变,从过去注重教师“我教了什么”到更加注重学生“我学到了什么”,引导学生探究式与个性化学习,从而培养学生发现和解决实际问题的能力。后疫情时代的实验室内外、线上线下混合式物理实验课程应当得到充分重视,开展此类实验教学工作时,应在保证学生具备实验条件的前提下设计兼具科学性和趣味性的实验项目,同时权衡实验的难易程度,提出不同层次的实验要求,吸引学生参与到课程学习中来,通过主动的探究性学习提升理论联系实际能力,更好地发挥物理实验教学在创新型人才培养中的作用。

致谢:感谢在“哈工大宅家实验经验交流会”上对“居家 DIY 物理实验”课程进行点评的专家张增明教授、蔡志岗教授和李雪春教授,以及交流会主持人李金环教授。感谢在“黑龙江省高等学校物理实验在线教学研讨会”和“哈工大一校三区青年教师在线教学交流会”上对居家物理实验项

目提出宝贵意见的各位同仁。感谢《物理实验》杂志公众号对哈尔滨工业大学居家物理实验项目的推介。感谢各线上交流群、网站、公众号等为居家物理实验课程建设提供的有益参考。

参考文献:

- [1] 王青. 识变、应变:面向未来的在线大学物理教育——教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会关于推进在线物理教育教学研究的工作[J]. 物理与工程,2020,30(2):3-6.
- [2] 张增明. 64 学时大学物理实验线上教学方案及其设计思路[J]. 物理与工程,2020,30(2):7-10.
- [3] 乐永康. 新冠肺炎疫情下美国物理实验教学及中美情况对比[J]. 物理与工程,2020,30(2):11-13.
- [4] 王槿,朱江,李文华,等. 启发式的多层次居家物理实验设计探索[J]. 物理实验,2020,40(4):31-37.
- [5] 蒋逢春,吴杰,张艳萍,等. “停课不停学”背景下大学物理实验及仿真在线开放课程的实践与拓展[J]. 物理实验,2020,40(4):42-46.
- [6] 王旗,刘静,朱盼盼,等. 大学物理实验线上开设直播课的尝试、探索与思考[J]. 物理实验,2020,40(5):28-30.
- [7] 唐艳妮,李雪琴,赵云芳,等. 疫情中的大学物理实验线上教学探索[J]. 物理实验,2020,40(5):31-35.
- [8] 周艳明,翦知渐,谢中. 非实验室环境下大学物理实验的设计与教学[J]. 物理实验,2020,40(6):22-29.
- [9] 大学物理居家实验在线教学经验分享交流会[EB/OL]. [2020-09-19] <http://wlsy.nenu.edu.cn/doku.php?id=zt:zt>.
- [10] 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会,教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会,教育部高等学校天文学类专业教学指导委员会,中国物理学会物理教学委员会. 关于新冠肺炎疫情防控期间物理类课程线上教学的调查报告[J]. 物理与工程,2020,30(2):14-24.
- [11] 赵凯华,钟锡华. 光学[M]. 北京:北京大学出版社,1984:172-176.
- [12] 霍剑青. 大学物理实验课程教学基本要求的指导思想 and 内容解读[J]. 物理与工程,2007,17(1):5-9.
- [13] 王青. 近代物理和高新技术物理与“新工科建设”——《物理与工程》“新工科建设”栏目开篇语[J]. 物理与工程,2017,27(6):3.
- [14] 赵海发. “DIY 电磁混合悬浮实验系统”设计与实现[J]. 物理实验,2017,37(7):38.

(下转 40 页)

Construction of virtual simulation experiment teaching resource for MOS field effect transistor

LI Man^{a,b}, GUO Yu-feng^{a,b}, GU Shi-pu^b, YAO Jia-fei^b

(a. National Virtual Simulation Experiment Teaching Center for Information Electronic Technology;

b. State-Level Experimental Teaching Center for Electronic Science and Technology,
Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: In order to solve the problems faced by most college microelectronics professional experimental teaching, a virtual simulation experiment teaching resource for MOS field effect transistor was constructed. The virtual manufacturing and testing of semiconductor devices were introduced. Process simulation and device simulation software were redeveloped. It consisted of three parts: teaching management, virtual manufacturing and testing, with a total of 17 modules. Various manufacturing processes of MOS field effect transistors and various performance tests such as DC, AC, and transient were realized. The knowledge points covered a wide range, the concept was advanced, the radiation range was wide, and the learning effect was better, which could provide high quality experimental teaching resources for the training of microelectronics professionals.

Key words: MOS field effect transistor; virtual simulation; virtual manufacturing; virtual testing; microelectronics; teaching management

[责任编辑:郭 伟]

(上接 34 页)

Home-based DIY physics experiments characterized by real operation and interest driven

LIU Wei-long, ZHAO Hai-fa, LI Jun-qing, LOU Xiu-tao, HUANG Li, XIN Li,

GAO Wei-jin, ZHAO Jing-geng, WEI Bo, JIANG Ze-hui, ZHANG Sheng,

ZHAO Hua, LIN Shan, WU Da-kun, WANG Yi, ZHANG Yu

(College of Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: A series of home-based DIY physics experiment courses characterized by real operation and interest driven were carried out in Harbin Institute of Technology to deal with the dilemma in experiment teaching caused by the COVID-19 epidemic. A new teaching mode was therefore explored. The teaching design, process and effect of the college physics experiment A(2) course was introduced in this paper. The summary and analysis on the home-based physics experiment course offered important insights to design the experiment context for the online and offline hybrid teaching mode.

Key words: home-based DIY physics experiment; teaching design; teaching effect

[责任编辑:任德香]