

64 学时大学物理实验线上教学方案及其设计思路

张增明

(中国科学技术大学, 安徽 合肥 230026)

摘 要 本文主要介绍了 64 学时大学物理实验线上教学方案。该方案以有指导可互动的基于智能手机的自主 DIY 实验为主, 结合绪论、探究实验和虚拟仿真实验项目开展特殊时期的大学物理实验教学。我们将组织全国实验教学一线教员共同构建实验资源库, 利用这个资源库, 各校可根据自己的实际情况开展教学工作。

关键词 大学物理实验; 线上教学; 教学方案; 智能手机; 传感器

SYLLABUS OF COLLEGE PHYSICAL EXPERIMENTS FOR ONLINE WITH 64 CREDIT HOURS

ZHANG Zengming

(The Teaching Center of Physical Experiments, University of Science and Technology of China, Hefei Anhui 230026)

Abstract Syllabus of college physical experiments for online with 64 credit hours is reported. The smartphone-based DIY experiments dominate the syllabus. It also includes introduction such as data analysis, software usage and lab safety, investigating experiments and some virtual simulation projects. We encourage the teachers around the nation to construct and improve the experimental resource. Each university can choose and organize these experiments to perform the experimental teaching.

Key words college physical experiments; teaching online; syllabus; smartphone; sensors

疫情防控期间如何做好“停课不停教、停课不停学”, 关键在教师的线上教学组织、网络平台的技术保障、远端学生的接受和互动参与。实验教学在人才培养过程中具有重要的地位, 但实验教学不同于理论课程教学, 更强调学生的动手操作。如何将线上教学辅导与线下的动手结合起来, 提升疫情防控期间线上物理实验教学的质量, 关键要考虑以下四个问题。

1 实验设备

实验离不开具体的设备、材料。学生离校在

家, 不可能利用实验教学仪器, 需转变思路, 利用身边的设备完成实验。完成实验的关键是测量所需的仪器, 各类传感器可以提供测量数据。目前的智能手机中配置有大量的传感器, 如: 加速度、压力、时间、磁力计、光强、GPS、陀螺仪等, 利用这些传感器可以实现力学、热学、电学、光学等实验数据的测量^[1-6]。下载手机应用软件就可以实现相应的传感器功能, 图 1 为 Phyphox 的应用界面。利用手机的摄像功能结合视频图像处理软件的数据分析, 可以实现以前实验教学过程中难以完成的一些实验, 如两维碰撞分析、单摆的非线性分析。图 2 为利用视频追踪软件对大角度单摆的轨迹的非

收稿日期: 2020-03-15

作者简介: 张增明, 男, 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会委员、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主任、国家级示范中心联席会物理学科组组长, 中国科学技术大学教授, zzm@ustc.edu.cn。

引文格式: 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): 优先出版.

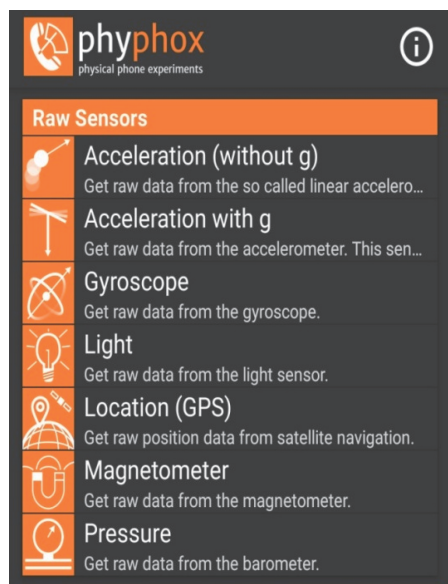


图1 Phyphox APP 界面

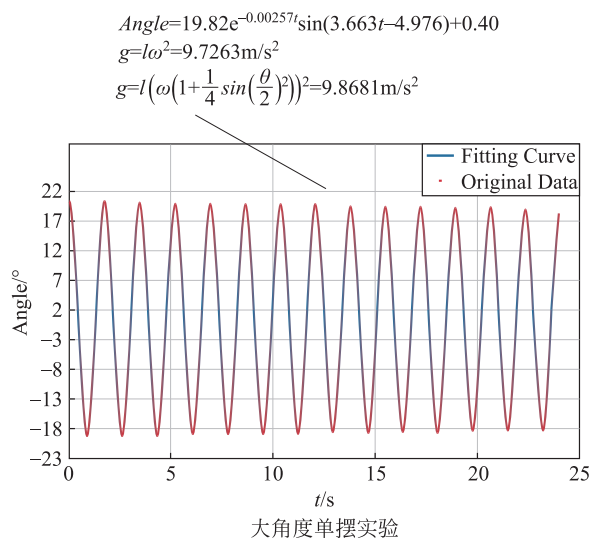


图2 基于视频轨迹追踪的大角度单摆的非线性研究

线性拟合。此外,实验器材可以就地取材,如利用蒸盘完成转动惯量相关实验,如图3所示。

高校实验教学配置的仪器、材料,目标是确保教学大纲实验能顺利完成;学生根据手边的材料,可以自主发挥,居家完成不同的实验,通过对实验数据的分析,了解影响实验的各个环节。教员线上指导,师生间、同学间的互动讨论,都可以将实验完善得更好。

2 实验内容

特殊时期,线上物理实验教学的目标应以有



图3 转动惯量(内蒙古科技大学李永治老师供图)

指导可互动的自主DIY实验为主。实验内容不能固守教学大纲指定的那些实验,需要以学生能力培养为目标,尽可能拓展丰富实验项目内容,通过不同于大纲的灵活实验实现相同的能力培养。为提升学生的实验兴趣,可以开展一些自主实验,充分激发学生的创新能力。如利用GPS数据,测量地球的半径;水的爆沸认识;乐音实验等。此外,引入一些探究性实验,可以进一步提升实验难度,培养学生运用科学知识解决问题的能力。

3 实验资源

现有的网上资源很多,比如:虚拟仿真(www.ilab-x.com);2019年申报国家级物理虚拟仿真实验项目53项,从普通物理实验到近代物理实验、再到前沿科学技术实验;这些资源解决了很多高危、高成本、极端条件下的无法开展的实验。爱课程(www.icourses.cn):30门《大学物理实验》资源共享课及MOOC;这些线上资源主要以实验仿真为主,个别实验可以完成远程操作获取数据,但也要依赖实验室改进的设备。虽然这些网上资源,对正常的实验教学给予了很大的补充及辅导,但动手能力的锻炼严重缺乏。因此需要扩大、补充居家可完成的实验项目。目前部分高校师生已经完成了一些居家可完成的实验项目,师生反馈效果很好,收获很大,极大地推进了线上实验教学的效果。我们鼓励各校开展研究性实验,学生可以从历年的CUPT开放性赛题选择合适的题目,各省开展的物理创新大赛赛题及自己关注的生活中物理现象探究,这些资源共同组合,可以很好地完成物理实验的教学目标。

4 教学方案

大学物理实验教学在不同高校、同一所高校不同学科间的教学水平不同,需考虑各校的师生、学科差异,合理设计,系统全面,以提升教学效果。在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及国家级示范中心联席会物理学科组的共同努力下,设计了64学时的线上物理实验方案,详见表1。该方案由绪论、DIY实验、探究性实验、虚拟仿真实验、自定趣味性实验几部分组成。由于各校教学目标不同,建议各校根据自己的实际情况,优化组合方案,完成本校的疫情防控期的实验教学。

表1 64学时大学物理实验线上教学方案

学时	实验内容(项目)
绪论(4学时)	实验室安全、实验思政、数据处理、软件使用
力学(<30学时)	速度、加速度、单摆、声速测量、驻波实验,多普勒效应、转动惯量、碰撞、二维碰撞、共振、乐器的音频分析、角动量、平行轴定理、陀螺仪、方位径向摆、杨氏模量等
热学(<6学时)	表面张力、气体状态方程、固体表面的浸润、粒子状态分布、表面张力与曲率的关系等
电学(<12学时)	螺线管磁场,磁力温度计,家用电器实时功率测量,室内磁场分布,地磁场背景测量等
光学(<18学时)	水透镜焦距的测量,透镜成像,球差分析,色差分析,望远镜DIY,薄膜干涉,色散,折射率测量,小孔衍射,光栅衍射,光的偏振等
探究性实验(<12学时)	GPS测量地球半径,CUPT历年赛题,各省物理创新大赛赛题等
虚拟仿真实验(<8学时)	www.ilab-x.com 实验空间虚仿项目(53项);爱课程(www.icourses.cn):30门《大学物理实验》资源共享课及MOOC
自定趣味性实验(<4学时)	生活中的物理现象的观察与解释等

64学时的线上物理实验方案还在丰富、改进、完善和不断的实践当中。我们期待全国教员积极参与、合力共建,让更多的教员、学生受益,促

进大学物理实验教学水平的提高,同时探索新的大学物理实验教学方式。

致谢:感谢中国科学技术大学、复旦大学、南开大学、东北大学、清华大学、北京大学、北京航空航天大学、南京大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中南大学、内蒙古科技大学、华中科技大学、东北师范大学、河南大学等高校物理实验教学一线老师的大力支持,期待更多高校同行积极参与,不断丰富、改进、完善该方案,让更多的老师和同学受益,努力提升疫情期间的大学物理实验教学水平。

共享资源:

- 大学物理课程教指委网站: <http://www.dwjzw.cn>
- 《物理与工程》网站: <http://www.gkwl.cbpt.cnki.net>
- 《物理实验》网站: <http://www.wlsyzz.com/doku.php?id=hy:hy>

附录:单摆

实验内容由基础、提升、进阶及高级几个部分组成,充分体现了实验教学的基本能力培养、学生创新能力及高阶内容的高要求。学生不仅可以居家完成相关实验的基本要求,还可以通过视频处理,探究实验的高阶内容。

实验目的:用单摆测定当地的重力加速度

实验原理:当单摆角很小时($\alpha < 5^\circ$),单摆的

运动为简谐运动,根据单摆周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可测定 g 。当摆角较大时,简谐近似失效,需研究摆球运动的非线性。

实验仪器:长约1m的细线一根,毫米刻度尺,小球,手机(装有phyphox软件)

实验步骤:

一、传统单摆实验。

测重力加速度使用金属小球,同一个单摆进行多次测量取平均值:

测量次数	球直径/mm	线长/mm	50T/s
1			
2			
3			

二、手机摆实验。

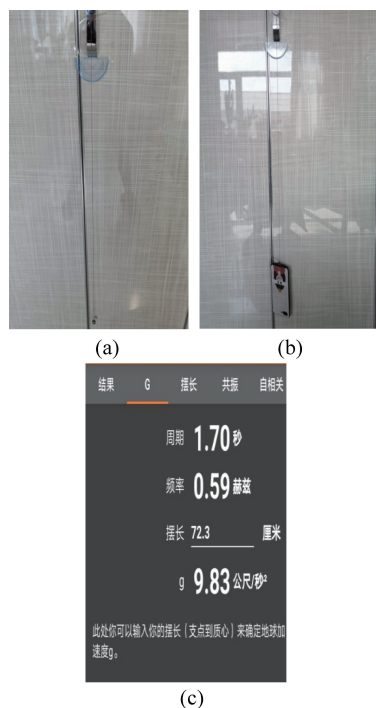
1. 将细绳一端固定在竖直墙面上,另一端固定在手机上,让手机面与墙面平行,做成一个摆。

2. 打开软件,下拉菜单找到 mechanics 下的 Pendulum,让手机偏离平衡位置一个小角度,点击运行按钮,放手后,软件会根据陀螺仪测量的数据自动记录单摆的周期和频率。

3. 软件设置了几个功能:

- Results 栏目可以反馈单摆的周期和频率;
- G 栏目中可以输入摆长,系统会自动计算重力加速度 g ;
- Length 栏目中,默认 g 值为 9.81m/s^2 ,系统会自动计算摆长。

4. 注意:测量摆长时,应从悬点的位置测量到手机的中心,实验简易装置图和实验数据见附图 1。

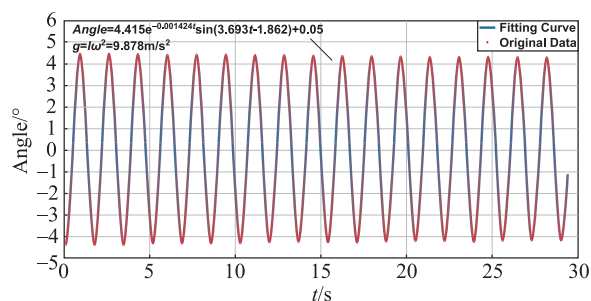


附图 1 单摆实验图

(a) 小球摆; (b) 手机摆; (c) 手机摆结果

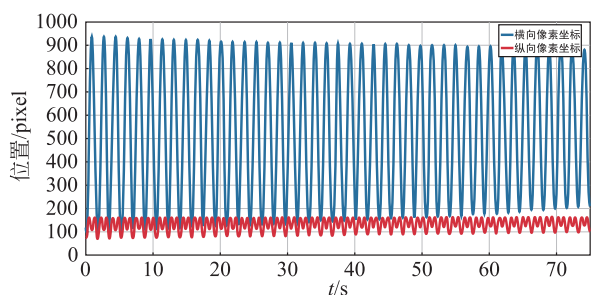
三、视频轨迹追踪实验

利用手机拍摄小球单摆的摆动视频,利用视频追踪软件提取小球的运动轨迹,研究小角度下的简谐运动及大角度下的非线性运动(附图 2 和附图 3)。



小角度单摆实验

附图 2 视频追踪小角度单摆轨迹



大角度单摆图片处理数据

附图 3 视频追踪大角度单摆轨迹

参 考 文 献

- [1] KAPS A, STALLMACH F. Tilting motion and the moment of inertia of the smartphone[J]. The Physics Teacher, 2020, 58: 216, <https://doi.org/10.1119/1.5145423>.
- [2] WEILER D, BEWERSDORFF A. Superposition of oscillation on the Metapendulum: Visualization of energy conservation with the smartphone[J]. The Physics Teacher, 2019, 57: 646, <https://doi.org/10.1119/1.5135802>.
- [3] HAHN M D, CRUZ F A O, CARVALHO P S. Determining the speed of sound as a function of temperature using arduino[J]. The Physics Teacher, 2019, 57: 114, <https://doi.org/10.1119/1.5088475>.
- [4] STAACKS S, HÜTZ S, HEINKE H. et al. Simple time-of-flight measurement of the speed of sound using smartphones[J]. The Physics Teacher, 2019, 57: 112, <https://doi.org/10.1119/1.5088474>.
- [5] BEHROOZI F. Electromagnetic induction and Lenz's law revisited[J]. The Physics Teacher, 2019, 57: 102, <https://doi.org/10.1119/1.5088471>.
- [6] CHIANG C M, CHENG H Y. Use smartphones to measure Brewster's angle[J]. The Physics Teacher, 2019, 57: 118, <https://doi.org/10.1119/1.5088478>.