

phyphox 软件介绍及其在物理教学中的应用

何璐 祖米热姆·伊马木

(上海师范大学数理学院 上海 200234)

方伟

(上海师范大学数理学院 上海 200234;上海市星系和宇宙学半解析研究重点实验室 上海 200234)

(收稿日期:2019-05-29)

摘要:全面介绍了基于手机传感器应用的 phyphox 软件的功能,并对于每种传感器均给出了相应实例来说明并启发其在物理教学中的应用.文章最后尝试总结了 phyphox 软件的优缺点,并对 phyphox 在物理教学中的应用前景作了展望和思考,期望对广大物理教师和物理教育研究者提供有益参考.

关键词:phyphox 传感器 物理教学

phyphox 基于智能手机所含有的传感器创建了辅助物理实验的工具箱,它突破了传统传感器操作位置的局限,拓展了物理课外实验的范围,且有成本低、方便实用的优点. phyphox 软件已逐渐融入物理教学,为物理教学提供了新颖的测量工具.

phyphox 是由德国亚琛工业大学在 2016 年发行的一款手机应用软件,安卓设备和 IOS 设备均可下载,phyphox 全称“physical phone experiments”,包含:加速度传感器、磁力传感器、陀螺仪(旋转传感器)、光传感器、压力传感器、声音传感器,最新设备还有温度、湿度传感器.目前可实现 29 种内置功能,如加速度、角速度、光照强度、磁场强度、压力和声音的振幅、频率、周期等基本物理量的测量^[1].除 phyphox 外,还有其他类似的物理实验工具箱,例如 Physics Toolbox Suite Pro, AndroSensor, Sparkvue 等^[2~4],这些应用均提供了免费的数据分析工具.本文拟就 phyphox 的功能、前景及其在物理教学中的应用进行介绍.

1 phyphox 功能

phyphox 不仅包含单独传感器还有基于传感器而开发的实用工具,如秒表(声学秒表,运动秒表、光

学秒表)、角度测量仪、音频发生器等. phyphox 软件还对传感器进行了模块整理,如转动、滚动、单摆、弹性碰撞、弹簧振动等多种基本运动,另外 phyphox 软件还设置了生活小实验,方便学生从生活中发现物理的奥秘.例如,电梯实验^[5]. phyphox 不仅能通过图形或数字的方式呈现原始数据,还可以配合自制教具定性测量有关物理量,应用程序还提供远程访问功能,这允许计算机远程控制 phyphox 软件,无需操作用于做实验的智能手机.

phyphox 应用程序的另一大优势是可创建自己的“实验室”.自行编写整个实验,这为教师创建全新更复杂的实验提供了契机.教师可对不同知识水平的学生制定不同的学习目标;同时这也是更改实验参数的好方法,例如临界值和最小延迟.该应用程序的 wiki 网页能帮助新手用户快速了解 phyphox 软件的具体内容,官方网站为 <https://phyphox.org/>^[6].

2 phyphox 内容简介

2.1 加速度传感器

加速度传感器是通过手机的坐标系分别在 x , y , z 轴的位移变化来测量物体运动的加速度.

作者简介:何璐(1996-),女,在读硕士研究生.

通讯作者:方伟(1981-),男,博士,硕士生导师,主要从事天体物理、宇宙学及物理教育研究.

phyphox 中的加速度传感器还能获得传统方法不能获得的诸如 x, y, z 方向运动情况的信息, 手机在振动过程中有可能出现不同方向的微小振动, 因此加速度传感器清晰记录所有方向的数据有助于学生研究主要方向上的加速度。

例如教师和学生利用加速度传感器探究关于弹簧振子的实验^[7]: 取一根弹簧, 其上端用一细线固定于支架上, 下端与智能手机连接, 因此形成一个竖直方向上的弹簧振子。打开手机 phyphox 中的 Acceleration (without g), 这里需注意, 它在静止时显示加速度为零。加速度传感器还可测量重力加速度, 在 phyphox 中, Spring(弹簧) 利用弹簧测量重力加速度^[8], 也可探究弹簧阻尼问题, Spring 相比单独加速度传感器还可测量出弹簧振子的频率。

2.2 压强传感器

智能手机压强传感器可测量电梯速度和高度, 学生也可以探究电梯中失重和超重的压力与合加速度物理规律, 同时也能测量飞行无人机的垂直速度^[5]。学生根据智能手机感应的气压值推导出高度从而得到加速度和速度值。除了压强之外, 加速度计记录加速度值进行数值积分, 也可获得垂直速度和高度。但通过实验发现, 用加速度传感器获得加速度与实际参考值还是有非常大的差异。首先因为数值积分累积误差, 其次是重力加速度导致高度计算明显存在不确定性。通过数据对比, 压强传感器比加速度传感器更加精确, 同时压强传感器也优于 GPS, 因为这种传感器在室内不接收卫星信号。压强传感器不仅在力学、流体力学有所应用, 一定条件下, 还可以作为气压计测量热力学中的物理量。

2.3 旋转传感器

智能手机 phyphox 软件中的 Gyroscope(陀螺仪), Centripetal acceleration(向心加速度), Roll(滚动) 都具有旋转传感器。在传统的教学中, 实验上总是很难测量角速度、向心加速度, 但 phyphox 可以测量 x, y, z 轴的角速度和绝对角速度。Centripetal acceleration(向心加速度) 可直接测量出角速度和角加速度之间的数量关系: $a = \omega^2 r$ 。学生利用小区公园的转盘、转椅或游乐园的娱乐设施等环境可验证向心力^[9], 虽然存在各种系统误差, 但 phyphox 在

学生课外实践中的定性使用无疑加深了学生对抽象概念的理解。

2.4 声音传感器

phyphox 程序中声音传感器可以测量音频的振幅、单音的频率、音频信号的频谱、声纳和多普勒效应, 还有单独的音频发生器。声学秒表可测量弹性碰撞的损失、自由落体的时间和高度等。初中生可利用两部智能手机测量声速, 两部手机的作用是音频发射器和接收器^[10]。“多普勒效应”的测量是由于多普勒效应引起的信号发生器到手机感应器频率的变化和相对速度^[11]。

2.5 磁场传感器

智能手机有磁场传感器, 应用程序 phyphox 中有 3 个测量与磁场相关物理量的程序, 分别是 Magnetometer(磁力计)、Magnetic Spectrum(磁场频谱)、Magnetic ruler(磁性尺)。磁力计非常灵敏, 手机开发者正是利用磁力计做指南针。但磁力计很容易受手机磁化的影响, 因此 phyphox 软件会不断重新校准磁场传感器来消除影响。磁性频谱显示磁力计数据中频谱和频率的峰值, 如果提供波谱的样本数量较高, 分辨率就高, 频率会更精准。频率最大值实际是由传感器的采集速率决定, 因此频谱很大程度上取决于智能手机本身。

磁性尺不是单独的实验, 而是一种工具, 主要测量位移和速度。首先需要设置一条路径, 在固定的间隔放置几个磁铁, 并测量出磁铁之间的距离, 在做实验之前输入到程序中, phyphox 通过磁力计测量出智能手机通过磁铁的频率, 通过计算可得到间隔的位移和平均速度。学生可以利用这个工具设计实验, 例如测量玩具火车速度^[12]。

2.6 光传感器

phyphox 应用软件中的光传感器是从手机的环境光获取原始数据, 但是在一些设备中, 光传感器并不是非常灵敏, 教师和学生可用光传感器验证朗伯比尔定律——分光光度法的基本定律^[13], 是描述物质对某一波长光吸收的强弱与吸光物质的浓度和其液层厚度间的关系。但是 phyphox 只能测量光照强度, 需要学生导出光照强度数据到 Excel 中, 然后输入液体浓度数值得出关系图。学生还可以测量不同物体光透射率, 被透射的物体可以是透明体和半

透明体,通常用透过后的光通量与入射光通量的比表示为光透射率.

phyphox 应用包含的传感器原理及实验如表 1 所示.

表 1 phyphox 应用原理及实验

传感器	原理	作用	可探究的实验举例
加速度传感器	压电效应	测加速度	单摆、自由落体、弹簧振子的运动等
陀螺仪传感器	压电效应	测角加速度、倾角	角加速度和角速度的关系、验证向心力等
压强传感器	变容式硅膜盒	测气压计	电梯运行的高度、海拔高度等
光传感器	光敏元件	测光照强度	光照强度的变化、光透射率等
声音传感器	声敏元件	类似示波器、声纳、声音秒表	声速、多普勒效应、弹性碰撞的损失、重力加速度等
磁场传感器	各向异性磁阻	测磁场强度、定位、磁力计	磁场强度的变化、测量位移和速度等

3 phyphox 应用举例及其前景展望

本节我们给出一个 phyphox 软件的直接应用和具体教学案例,在此基础上,对 phyphox 软件在物理教学中的前景进行展望.

3.1 教学案例:用手机测量重力加速度实验

(1) 实验器材:一根不可伸长的轻绳、支撑手机的纸盒、一部智能手机、另一台远程操控的电脑或手机.

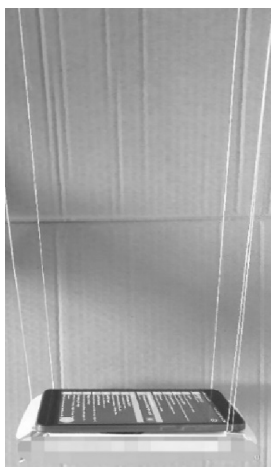


图 1 phyphox 单摆实验操作

(2) 实验操作:为了让手机在摆动过程中自身不发生旋转,用纸盒固定手机并在四角系上绳子,如图 1 所示,用卷尺测量支点到手机质心的距离,将此值作为摆长输入到手机中,手机悬挂时 phyphox 也能间接测量摆长,作为参考. 打开 phyphox 中 Pendulum(单摆),点击允许远程访问,下方出现访问网址,在另一部手机或电脑输入网址,在 Timed Run 设置初始延迟 3 s,持续时间 10 s. 点击开始,让手机小幅度的摆动,注意不要让手机掉落或者碰撞到其他的物体上. 最后保存实验数据.

(3) 分析:phyphox 会在实验期间记录手机的角速度. 图像近似正弦函数,在摆动运动的最低点处有极大值(最大绝对角速度),第一极大值到第二极大值计算作为一个周期,其倒数作为振动频率. 控制摆动较小的角度,由周期方程计算得到重力加速度.

phyphox 单摆实验数据截图如图 2 所示.

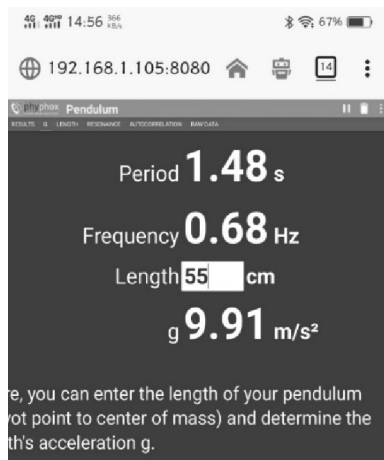


图 2 phyphox 单摆实验数据

3.2 phyphox 在物理教学中的前景展望

(1) 使得教学空间更加广阔

智能手机用在学生学习上的时间少之又少,但物理工具箱的应用可以让智能手机成为学生学习的伙伴. 学生可在家中娱乐时设计并进行物理实验,这不仅能激发学生的创新细胞,增加学生的物理学习动机,也能提升学生在物理学习中的自我效能感. 因为实验环境不局限于学校的 DIS 实验,教师的实验教学方式也可以发挥更多的创新空间,教师可以让学生在课余时间设计并完成许多小实验,加深学生对物理现象的理解,也能让学生对数据更加敏感,这能提升学生获取信息的能力,教师可以在实验课

堂中增加讨论分析实验的时间,给物理实验教学提供催化剂.

(2) 使得实验数据处理更加便捷

在用 phyphox 做实验时,实验结果以数据或图表的形式实时显示,清晰明了,可根据需要远程传输在电脑上显示或保存实验页面,有利于不同实验进行对比分析,简单的数据处理过程减少了数学对学生的干扰,可让学生关注物理本身.学生可以大胆地进行猜想实验,分析实验,能促进学生对物理的理解.

(3) 使得教学创新更加凸显

智能手机 phyphox App 给学生和教师提供了更大的物理实验平台,还可以由用户创建新的实验平台.学生和教师可用一个或多个传感器设计实验,从研究问题的多角度进行分析、设计实验,这能充分挖掘学生和教师的创新潜能.比如声音传感器不仅可以测量有关声音的变量,还可以转换的方法间接测量运动物理量,phyphox 中 Acoustic Stopwatch(声音秒表)利用落球与地面发生的几次碰撞的声音测出球每次的时间差和损失率,再由此计算出球的高度,可分析弹性碰撞的势能变化、机械能的损耗值等.这样的数据信息可以提升学生的学习自主性和探究能力.

4 总结

本文对 phyphox 进行了详细的介绍,并对其在物理教学中的应用进行了分析.在学科核心素养的导向下,“以学为中心”的物理探究实验有助于学生学习科学知识,形成正确的物理观念,习得科学方法,培养科学思维并感受崇高的科学精神.翻转课堂、STEM 教育、微课、慕课等现代教育模式体现了以学为中心的理念,也为物理探究实验的新模式提供了空间,phyphox 等实验工具箱 App 的开发更为课外探究实验、研究型学习提供了有效手段,它的应用前景十分广泛.除此之外,phyphox 新版本不仅引入了新功能并对其中程序进行修复(如增添了交互式图形、条形图、用于光谱实验的彩色图等),并且还增加了中文的翻译版本,具体见 <https://phyphox.org/news/phyphox-chinese/>.另外,教师也需了解 phyphox 此类软件的弊端和不足.首先是在实验开始前,需用 phyphox 测量周围环境对实验数据的影

响,手机本身的性能也对实验数据造成误差,因此 phyphox 只能做半定量或比较粗糙的定量测量;其次 phyphox 此类软件只为教学做辅助作用,教师需依据教学内容特点进行合理利用.

参考文献

- 1 惠宇洁. 智能手机在物理实验教学中的应用探讨——以 Phyphox 软件为例[J]. 物理教学探讨, 2018, 36(07): 70 ~ 72
- 2 Monteiro M, Stari C, Cabeza C, et al. Physics experiments using simultaneously more than one smartphone sensors[J]. arXiv preprint arXiv, 2019, 1901.05068
- 3 Price C, Maor R, Shachaf H. Using smartphones for monitoring atmospheric tides[J]. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2018, 174: 1 ~ 4
- 4 Montealegre J S C, Romero D D P J, Muñoz J H. App's como herramientas pedagógicas para el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Física[J]. Revista científica, 2019, 160 ~ 168
- 5 Monteiro, Martín, C Martí, Arturo. Using smartphone pressure sensors to measure vertical velocities of elevators, stairways, and drones[J]. Physics Education, 2017, 52(1): 015010
- 6 Staacks S, Hütz, S, Heinke H, et al. Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox[J]. Physics Education, 2018, 53(4): 045009
- 7 赵荣俊, 刘应开. 用智能手机加速度传感器分析弹簧振动现象[J]. 物理教师, 2017, 38(1): 54 ~ 58
- 8 Kuhn J, Vogt P. Smartphones as experimental tools: Different methods to determine the gravitational acceleration in classroom physics by using everyday devices[J]. European Journal of Physics Education, 2013(4): 16 ~ 27
- 9 Ann Marie Pendrill, Conny Modig. Pendulum rides, rotations and the Coriolis effect[J]. Physics Education, 2018, 53(4): 1
- 10 Staacks S, Hütz S, Heinke H, et al. Simple time-of-flight measurement of the speed of sound using smartphones[J]. Physics Teacher, 2019, 57(2): 112 ~ 113
- 11 Klein P, Hirth, M, Gröber, S, Muhn, J, Müller, A. Classical Experiments Revisited: Smartphones and Tablet PCs as Experimental Tools in Acoustics and Optics[J]. Physics Education, 2014, 49(4): 412 ~ 418

(下转第 108 页)

具体、清晰、确定的形式进行表达,不然,还是“猜想与假设”吗?);

②在做好实验准备工作的情况下,先让学生自己在光屏上得到一个“放大的像”(注意:这个像必须是清晰的,才能说明光屏位置就是像的位置),测量出物距并做记录;然后让学生想办法使光屏上的像“变小”,同时观察物距的变化趋势,再次测出物距并记录在案;在引导学生将物距与透镜焦距和二倍焦距进行比较的情况下,做出自己的结论。

(3)对《评分表》所应关注问题的建议:实验题单是反映考生实验过程主要内容的重要载体(在没有录像存证时还是唯一载体),《评分表》是监考员用于给所监考学生进行操作考试成绩评定的标准,最被人关注的就是“给分点”。本实验中,操作步骤、操作过程、实验态度、实验能力(规范性)、结果表达等应为重点关注方面。特别应引为注意的是:本实验的操作过程是“由果索因”,而结果表达则应是“由因达果”;要达至此二者的自如匹配,必须对本实验有

(上接第104页)

12 Goertz S, Heinke H, Riese J, et al. Smartphone-Experimente zu gleichmäßig beschleunigten Bewegungen mit der App phyphox[J]. PhyDid B-Didaktik der

较为深刻的认识和理解才行。

总之,由于纸笔考试在平时被大量使用,其影响已深入人心。即使是实验内容的问题,一旦进入纸笔考试,其形式也必然是“写写填填”。如果在操作考试中为求“准确给分”而过多地采用纸笔考试的形式,学生在已经排定的“实验步骤”下按部就班地“做”,在懵懵懂懂中“完成”实验,最终成为一个缺乏对自己操作行为进行主动思考的“操作傀儡”。这样的操作考试,正在背离“考核学生应知应会的实验操作基本技能、常规实验基本原理、学生科学素养和实践能力。”这些最本真的要求,既不能考查出学生真正的实验水平,还会对实验教学方向带来不良诱导,是对纸笔考试无原则的谄媚,是一个需要警惕的发展趋势。

参考文献

- 1 杨宝山. 课程标准(2011)导读与教学实施·物理[M]. 北京:北京理工大学出版社,2012
- 2 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[M]. 北京:人民教育出版社,2018

Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung,2017

- 13 Bouquet F, Dauphin C, Bernard F, et al. Low-cost experiments with everyday objects for homework assignments[J]. Physics Education,2019,54(2): 025001

Phyphox Software Introduction and Its Application in Physics Teaching

He Lu Zumiremu. yimamu

(Department of Physics, Mathematics & Science College of Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

Fang Wei

(Department of Physics, Mathematics & Science College of Shanghai Normal University, Shanghai 200234;
Shanghai Key Laboratory of Galaxy and Cosmological Analysis, Shanghai 200234)

Abstract: This article comprehensively introduces the functions of phyphox software based on mobile phone sensor applications, and gives examples of each sensor to illustrate and inspire its application in physics teaching. Finally, the article attempts to summarize the advantages of phyphox software, and prospects and considers the application prospects of phyphox in physics teaching. It is expected to provide useful reference for physics teachers and physics education researchers.

Key words: phyphox; sensor; physics teaching