

智能手机在物理实验教学中的应用探讨

——以 Phyphox 软件为例

惠宇洁

南京师范大学教师教育学院,南京 210097

摘要:丰富的内置传感器使得智能手机有望成为物理实验教学的新工具。本文利用基于传感器应用的手机软件 Phyphox,介绍声速的测量、向心加速度与角速度关系的验证以及单摆周期与摆长关系的定量探究三个物理实验,阐述了将智能手机引入物理实验教学的优越性;有助于打破实验的空间限制,激发创新因子,促进自主探究。

关键词:智能手机;Phyphox;传感器;物理实验

中图分类号:G633.7

文献标识码:A

文章编号:1003-6148(2018)7-0070-3

近年来,随着信息技术的高速发展,智能手机逐渐成为了中学生交流的主要工具。除了满足最基本的通讯功能,目前市场上绝大多数智能手机都集成了多种高精度、高灵敏度的传感器,结合手机软件可实现多种物理量的测量,能够为教师开展物理实验教学、揭示物理规律提供新的方法和途径。

Phyphox 是德国亚琛工业大学基于传感器设计开发的物理实验手机软件,面世之后在多个国家和地区受到关注,不仅在 2018 年 1 月的 AAPT(美国物理教师协会)冬季会议上获得广泛好评,也被台湾国立清华大学等高校和物理竞赛组织列为推荐使用的实验测量工具。本文通过 Phyphox 在物理实验中的具体案例,展示将智能手机传感器与物理实验有机结合,优化中学物理实验教学的创新方式。

1 Phyphox 的功能和特性

Phyphox 软件通过调用手机的内置传感器,包括加速度传感器、磁力传感器、陀螺仪(旋转传感器)、光传感器、压力传感器、麦克风以及 GPS 等,可根据手机的运动情况和周围环境进行相应的数据测量。目前可实现 29 种内置功能,例如测量加速度、角速度、光照强度、磁场强度、压力和声音的幅度和频率等基本物理量,并且将这些数

据以图形或数字的形式呈现。除此之外,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。除了直接使用实用工具和单独的传感器,Phyphox 软件还将传感器进行模块化组合,方便使用者研究和分析转动、滚动、弹性碰撞、弹簧振动、单摆、失重与超重等多种基本运动。

2 实验案例分析

现介绍三个基于 Phyphox 操作的中学物理实验,分别从测量性实验、验证性实验和探究性实验三种实验类型来展现智能手机在补充现有实验内容、改变传统实验方式上的巨大潜能。

2.1 测量声音在空气中的传播速度

在《声音的传播》这节内容中,教材直接告诉学生声音在空气中的传播速度是 340 m/s,但并没有给出可操作的测量方案。目前比较可行的测量方法是测量某一声音的频率,结合其波长来确定声音的传播速度^[1],虽然实验结果较为精确但原理超出了初中生的知识水平。Phyphox 中的 Acoustic Stopwatch(声学秒表)功能让学生利用最原始的速度公式实现声速的测量。

2.1.1 工作原理

打开 Acoustic Stopwatch,当手机接收到外界第一个声音时便触发计时器,开始计时,接收到第

收稿日期:2018-04-26

作者简介:惠宇洁(1995-),女,南京师范大学教师教育学院学科教学(物理)专业研究生,主要从事中学物理教学的研究和学习,曾获研究生学业奖学金一等奖。

二个声音时停止计时,因此 Acoustic Stopwatch 记录了两个声音之间的时间间隔,计时可精确到 1 ms。

2.1.2 实验过程

选择一个空旷安静的场地,两位同学将两部手机相距一段距离 d 放置(图 1),打开 Acoustic Stopwatch,设置 Threshold(声音触发阈值)使其高于环境噪声级(图 2)。第一位同学靠近手机 1 快速击掌,手机 1 立即开始计时,随后手机 2 接收到声音也开始计时。此时,第二位同学就可以靠近手机 2 击掌,手机 2 立即停止计时,随后手机 1 接收到声音也停止计时。两个手机记录的时间的差值 Δt 即声音在两次传播过程中的延迟,因此声速的计算公式为:
$$v = \frac{2d}{\Delta t}$$

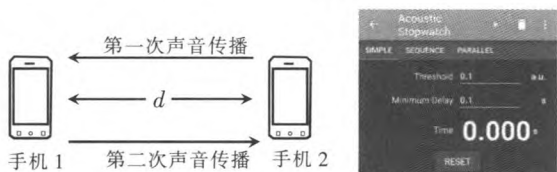


图 1 测量示意图 图 2 Threshold 设置图

2.1.3 实验结果

为了保证击掌声音能够触发远处手机的计时器,本次实验笔者选择的距离 d 为 5 m,手机 1 记录的时间为 t_1 ,手机 2 记录的时间为 t_2 。

从表 1 中得出声速的平均值为 343.00 m/s。根据声速的理论计算公式 $v = 331.45 \times \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}}$ (m/s),和当时测量时的温度 $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$,计算得到声速的理论值应为 337.46 m/s,测量的相对误差为 1.64%。由于测量的距离和次数有限,因此测量结果存在着一定的偶然误差,但仍在可接受的范围内。

表 1 声速测量实验数据

时间 t_1/s	时间 t_2/s	时间差 $\Delta t/s$	声速 $v/(m \cdot s^{-1})$
2.044	2.014	0.030	333.33
1.673	1.645	0.028	357.14
2.024	1.993	0.031	322.58
1.638	1.610	0.028	357.14
1.747	1.718	0.029	344.83

2.2 验证向心加速度与角速度的关系

目前智能手机在物理实验中的应用已有一些案例,但大部分都是基于加速度传感器的应用^[2-3],陀螺仪传感器得到的关注较少。此外,在讲授《向心加速度》这节内容时教师一般都通过理论推导来得出向心加速度的表达式 $a_c = \omega^2 r$ 。实际上,我们可以利用 Phyphox 中的 Centrifugal acceleration

(离心/向心加速度)功能来验证向心加速度与角速度的关系,以此作为对理论知识的一种补充。

2.2.1 工作原理

Centrifugal acceleration 功能调用陀螺仪传感器测量手机转动时的角速度,调用加速度传感器测量向心加速度,并分别绘制向心加速度 a_c 与角速度 ω 以及角速度平方 ω^2 的函数图像。

2.2.2 实验过程

笔者选择将手机放在倒置的自行车车轮中间(利用脚踏板容易控制转动速度),并用尼龙扎带将手机固定(图 3)。打开 Centrifugal acceleration,转动脚踏板使手机随着后轮缓慢均匀地加速,尽量尝试不同的速度使生成的点迹分布均匀。



图 3 测量示意图

2.2.3 实验结果

图 4 是在手机转动过程中生成的图像,可以看出向心加速度与角速度呈现抛物线拟合的关系,与角速度的平方呈现正比的线性关系,有效地验证了公式 $a_c = \omega^2 r$ 。

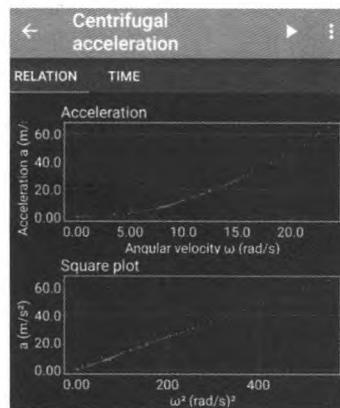


图 4 a_c 与 ω 及 ω^2 图像

2.2.4 实验拓展

除了自行车车轮,很多生活中常见的器材和用具都可以用来验证向心加速度与角速度的关系,例如小区健身场地的转盘、家中的转椅等,因此实验具有极大的开放性。

2.3 探究单摆运动周期与摆长的定量关系

测量单摆周期的常规做法需要学生计量多次(30~50次)全振动的时间,存在操作耗时久、计数易受干扰、实验误差大等问题^[4]。Phyphox中的pendulum(单摆)功能可以直接输出单摆运动的周期,有助于学生在小角度倾角下进行实验。

2.3.1 工作原理

手机作为实验中的摆锤,内置传感器将追踪手机的运动,从而得出高精度的单摆周期。

2.3.2 实验过程

将一支铅笔固定在桌面上,且一端远离桌子边缘。利用一个压扁的卫生纸卷为手机做一个插槽,并在纸卷四角穿孔,用细线将手机悬挂于铅笔之下(图5),这样的做法保证了手机在运动过程中自身不会旋转,而是做单摆运动。打开Pendulum,设置延迟开始的时间,并选择手机记录单摆运动的持续时间(本次实验设为30s)(图6)。确定摆长 l ,让单摆从摆角小于 5° 的初始位置开始运动。实验重复5次,每次改变单摆的摆长,并读取软件页面上的Period(周期 T)。



图5 单摆示意图

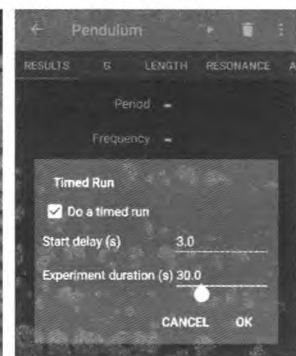


图6 时间设置图

2.3.3 实验结果(如表2)

表2 单摆实验数据

l/m	T/s	l/T	l^2/T	l^3/T	l^4/T
0.20	0.90	0.2222	0.0444	0.4969	0.6498
0.40	1.27	0.3150	0.1260	0.4980	0.6262
0.60	1.55	0.3871	0.2323	0.4997	0.5678
0.80	1.79	0.4469	0.3575	0.4997	0.5283
1.00	2.01	0.4975	0.4975	0.4975	0.4975

从表2可以看出周期 T 随摆长 l 的增大而增大,为了进一步探究摆长与周期的定量关系,笔者多次改变摆长 l 的指数并计算其与周期 T 的比例,得出 $T \propto l^{1/2}$ 的关系。

3 智能手机的实验教学优势

3.1 打破实验的空间限制

特定的实验测量仪器在日常生活中较难获取,因此传统的实验教学通常在教室或实验室里进行,而在户外和家中实施的实验往往局限于简单的演示实验,学生只能观察实验现象而没有条件进行数据的测量和分析。智能手机容易获取又轻巧便携,相当于让每个学生都随身携带了一个微型DIS实验室。实验室不再是实验教学的固定场地,学生拥有更广泛的空间自由,教师的实验教学方式也可灵活多变。

3.2 激发创新因子

物理课程标准提倡“使用身边随手可得普通物品做实验”^[5],然而传统实验器材较为单一,极大地限制了学生的创造力。智能手机提供了必要的测量工具,学生可以根据研究的问题从多角度进行实验设计和问题解决。智能手机带来了实验的开放性,既激发了学生的实验兴趣,又充分挖掘了学生的创造潜能。

3.3 促进自主探究

物理课程应促进学生自主学习,让学生积极参与、乐于探究、勇于实验、勤于思考。有了智能手机的全方位支持,探究式学习模式能够发挥出更大的自主性。学生不必为数据测量而烦恼,他们有更多的时间去发现那些范围更广、深度更深的问题,从而尽情地去猜想、实验和分析。对于上述实验,学生还可以去探究声音的传播速度在户外和室内测量的区别,也可以去探究单摆更多的影响因素,比如更大的初始角度或者是物体的形状。这种发散式的实验有助于学生改变机械的学习方式,培养学生在实验学习中的自主性和探究精神。

参考文献:

- [1]孙阿明,刘静.利用智能手机测量空气中的声速[J].物理教师,2016,37(4):45-46.
- [2]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.
- [3]胡琦珩,丁益民,冯一帆,等.利用智能手机验证牛顿第二定律[J].物理教师,2017,38(10):50-52.
- [4]李海涛.利用DIS实验研究单摆的运动[J].物理教学,2010,32(6):26-27.
- [5]中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(实验稿)[S].北京:北京师范大学出版社,2001.

(栏目编辑 张正严)