

# 智能手机中加速度计的原理及教学应用

杨 蕾 胡银泉

(江西师范大学物理与通信电子学院 江西 南昌 330022)

(收稿日期:2016-05-30)

**摘要:**智能手机传感器为物理教学带来了全新的教学方式.对此,笔者详细介绍了手机加速度计的工作原理,解决如何通过内部的弹簧-重物系统,实现测量静止时手机所受的重力加速度.而后,将手机加速度计引入物理教学中,研究自由落体运动.与传统教学相比,智能手机传感器的引入使物理教学更形象、更直观、更有效率.

**关键词:**智能手机 传感器 加速度计 原理 应用

## 1 引言

随着智能手机的日益普及,人们生活方式发生着重大变革,也为教育领域注入了新的血液.我国高中物理课程标准明确指出:“鼓励将电子计算机等多媒体计算应用在物理实验中,同时提倡使用身边随手可得的普通物品做实验.”<sup>[1]</sup>手机作为生活中常见的电子产品,其强大的传感器系统尤为引得教育工作者的关注,希望以此可以取代价格不菲的DIS传感器实验系统.美国科学机构“i Physics Labs”正着手研究如何更好地通过智能手机来实现对物理实验数据的采集.

笔者将通过下文对安卓智能手机中加速度计工作原理的介绍,深入分析内部弹簧-振子系统,解决手机静止时可测重力加速度的问题.而后,结合课堂教学实例,使用加速度计进行自由落体运动.

## 2 手机传感器中的加速度计

首先,为智能手机下载一个相对应的内部手机传感器,如 AndroSensor(谷歌 Android 系统)、SensorLog(苹果系统)等,使传感器软件能够访问智能手机原始数据端.这里使用的是 AndroSensor,其界面如图 1 所示,安装了这款软件的手机就像一个强大的便携式物理实验室,其中包含了位置、加速度、重力、陀螺仪、光、磁场、声、气压等传感器.



图 1 AndroSensor 使用界面

手机中的加速度计是一个微小的电子机械振动系统(简称 MEMS)<sup>[2]</sup>.物理实验中已经大量使用 DIS 加速度传感器,但这与本文所讲的手机加速度计有很大区别.手机中加速度计能测量物体静止时所受的重力加速度,而不仅仅显示运动物体加速度.这涉及手机加速度传感器的内部工作原理,加速度传感器的本质就是装在手机内部的一个弹簧-重物模型,它所测量的其实是手机内部重物的加速度.

第一步,明确手机传感器中  $x, y, z$  轴定义方式如图 2 所示.接着,将手机平放在光滑的水平桌面时(即手机背部接触桌面),内部的弹簧-重物系统如图 3(a) 所示,内含  $x, y, z$  轴 3 组弹簧,当水平放置时,内部系统中的弹簧在水平面上的  $x$  轴和  $y$  轴上都没有形变,即  $\Delta x = x_2 - x_1 = 0$ ;  $\Delta y = y_1 - y_2 = 0$ ,根据牛顿第二运动定律和胡克定理:  $a = \frac{F}{m}$ ;  $F = \kappa x$ ; 可以

作者简介:杨蕾(1992-),女,在读硕士研究生.

指导教师:胡银泉(1963-),男,副教授,主要从事大学物理教学及研究.

求出此时物体在  $x, y$  轴向上的加速度,  $a_x = 0; a_y = 0$ . 在竖直方向  $z$  轴上, 重物压缩弹簧, 使  $z$  轴的加速度显示为重力加速度  $\left(a_z = \frac{F}{m} = \frac{G}{m} = g\right)$ .

当手机竖直放置(即手机底部接触水平光滑桌面), 内部弹簧-重物模型如图 3(b) 所示, 由于重物受竖直方向的重力作用, 手机中的重物相对于手机内部的中心位置发生移动,  $x, y$  轴向上的弹簧都会发生形变,  $z$  轴无形变. 再结合力和运动的关系, 同上分析, 可得到  $a_x = 0; a_y = g; a_z = 0$ .

因此, 智能手机内的加速度计是由  $x, y, z$  轴这 3 个方向的弹簧系统组成, 加速度计实际直接测量到的并不是重物的加速度, 而是通过测量各个轴方向受到的力, 反推回重物(非手机)的加速度.

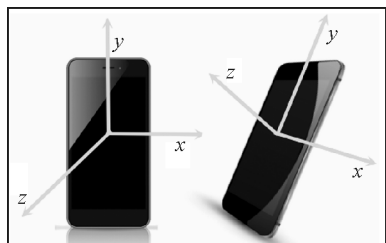


图 2 手机传感器  $x, y, z$  定位方式

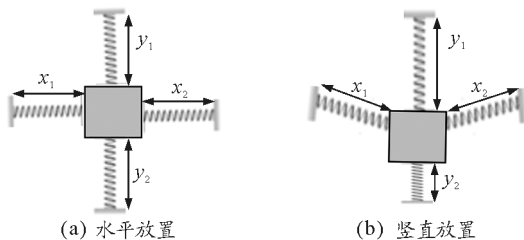


图 3 手机内部弹簧-重物系统

### 3 研究自由落体现象

在实际物理课堂教学中, 手机加速度计也有广阔的应用空间. 以研究自由落体运动为例, 自由落体运动是生活中常见现象, 但是对于为什么做自由落体的物体处于完全失重状态这一问题, 学生往往难以理解. 传统的实验设备不足以测量短时间内快速运动物体的加速度变化, 仅仅是让学生去想象“电梯情景”, 再通过对物体受力的分析, 得出完全失重这一结论. 这样的教学方式不利于学生理解此类问题. 戴尔的经验之塔理论指出: “教育应从具体经验入手, 逐步进入抽象, 有效的学习之路必须铺满着具体

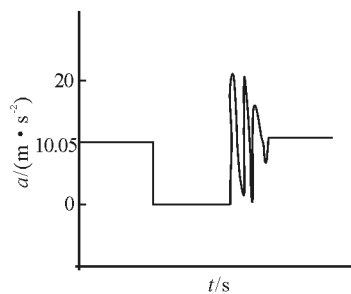
经验.”<sup>[3]</sup> 物理学的规律都是建立在实验的基础上, 将智能手机引入课堂教学, 利用手机传感器的加速度计曲线研究极短时间内物体的自由落体运动. 以下是具体的操作步骤.

在测量自由落体运动中, 水平手持手机, 打开传感器的加速度计, 选择记录数据. 接着, 为了防止手机在落地时被摔坏, 在手机下落处放置海绵. 实验前注意调节传感器的更新间隔, 间隔时间调为“很快”. 接着, 释放手机, 让手机自由下落, 所测得的加速度曲线如图 4(a) 所示. 将手机记录的数据连接到电脑上, 学生就可以很方便对数据进行分析.

从所测得的加速度曲线可以看出, 曲线  $a$  显示为手机在竖直方向( $z$  轴)上的加速度变化, 将加速度曲线  $a$  放在坐标轴中拟合, 如图 4(b) 所示.



(a) 手机自由下落, 测得的加速度与时间的曲线



(b) 手机所得的数据连在电脑上, 拟合出加速度与时间的曲线

图 4

起初手机处于静止状态, 竖直方向上受重力, 加速度计在  $z$  轴所测为重力加速度, 恒为  $g$ . 放手后, 手机做自由落体运动, 此时, 手机充当两个角色, 既是重物, 又是测量系统, 作为一个整体, 重力加速度突然变为零, 并在下落过程中持续为零(手机内部的弹簧-重物系统受力为零)手机此时处于完全失重状态. 此后手机落在海绵上, 手机在极短时间内反复地弹起下落, 加速度计所测得的示数也会有波动, 在弹起时手机超重, 表现为加速度图线随之升高; 在下落时失重, 加速度图线随之下降. 之后手机停止跳动, 稳定在海绵上, 竖直方向上的加速度再次恒定为  $g$ .

### 4 结束语

面对以上清晰的加速度图像, 教师引导学生分

(下转第 84 页)

如图5所示,改进的实验中,放通电导线的支架放在电子秤上,条形磁铁另外悬挂在通电导线上方独立的支架上,条形磁铁跨在通电导线上,分别改变电流的大小和磁铁的条数(通电导线处于磁场中的长度),通过电子秤观察安培力的数值变化.实验直观简洁,学生能够直接感受到通电导线所受安培力的影响因素,并能准确快速地找到物理量之间的具体关系.

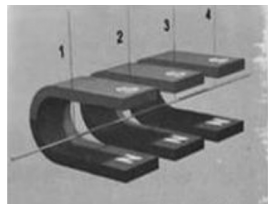


图3.2-1 在匀强磁场中探究影响通电导线受力的因素

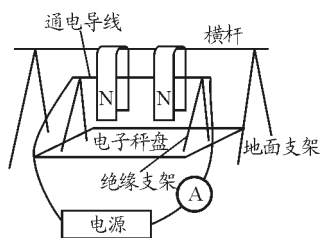


图4 图5 通电导线在磁场中受力的改进实验

定性实验改进成量化实验是常见的一种实验改进模式,但也不能只追求量化.这个实验的成功改进在于,教师把一个生活中没有体会的问题,通过自己的创新实验设计准确直观地呈现在学生面前,就像卖菜一样论斤论两地让学生来感受.这种改变不要一点花招,让学生不得不服这种力的存在,并很快建立起这种力与其他物理量之间的关系.

总的来说,中学课堂实验有别于科学研究性的实验,教学实验与所研究的问题之间的关系应该一目了然,越简洁越好.如何在实验教学中选择改进实验仪器、选择改进实验方案,不能只追求操作的方便、仪器本身的新鲜(甚至于一种哗众取宠的心态)以及数据的准确量化,而应该更多地考虑到实验本身带给学生在知识领会、能力培养、品性情感熏陶等各方面的影响.

(上接第81页)

析图线,轻松得出物体做自由落体运动时完全失重这一结论.

将手机引入物理教学中,贴近学生生活,不仅丰富学生的实践体验,使实验操作难度降低,学生容易掌握,教学过程更直观、有效.还要求学生转而关注数据间的物理关系和数据背后更高层次的物理分析,利用图线反映物理规律,分析物理问题.

#### 参考文献

1 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(实验稿),北京:人民教育出版社,2005

2 王跃林,苏以撒,王文. 微电子机械系统. 电子学报, 1995(10):37~42

3 Edgar Dale. Audio-Visual Methods in Teaching, 1946

4 张丹彤. 让智能手机成为中学物理实验教学的好帮手. 物理教师,2014(11):39~42

5 张振. 巧用智能手机做物理实验. 物理通报, 2013(11): 72~75

6 陈雷,宋健夫,李冰,等. 智能手机在中学物理教学中的应用. 实验仪器与教学,2015,32(5):27

7 Patrik Vogt, Jochen Kuhn. Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. The Physics Teacher, 2012(50):182~183

## The Principle and Teaching Application on Intelligent Mobile Phone Accelerometer

Yang Lei Hu Yinquan

(Jiangxi Normal University, Nanchang, Jianxi 330022)

**Abstract:** Smart phone sensor for physics teaching has brought new teaching methods. In this regard, the author details the working principle of mobile phone accelerometer to solve how the internal spring-heavy objects system. Then, the introduction of mobile phone accelerometer into physics teaching. Compared with traditional teaching, the introduction of smart phone sensor makes physics teaching more visual, more intuitive and more efficient.

**Key words:** smartphone; sensor; accelerator; principle; application