

# 用智能手机传感器测量弹簧的劲度系数\*

朱镜红 张 雄

(云南师范大学 物理与电子信息学院 云南 昆明 650500)

(收稿日期:2015-10-12)

**摘 要:**本文提供了一个用智能手机做实验工具的例子,实验中智能手机既做弹簧的振子,也可测量弹簧的振动周期,用智能手机加速度传感器测量极短暂的振动周期,从而提高了实验的测量精度,降低了实验误差.

**关键词:**手机加速度传感器 弹簧 劲度系数

在现代人形影不离的手机中有很多传感器,例如,加速度、声音、定位系统等,这些传感器可用于物理实验,本文应用的加速度传感器(Sparkvue)可以实时测量手机加速度的变化,并显示传感器数据,绘制出加速度随时间的变化图像,该软件内置的统计工具分析数据有最大值、最小值、平均偏差等,可从6个不同曲线拟合(包括线性拟合及二次拟合)中进行选择.通过蓝牙接口可连接70多个Pasco传感器,实时查看pH值、温度、受力、二氧化碳水平等信息.本文利用内部加速度传感器记录数据,不需要额外的硬件.

## 1 实验原理和方法

用弹簧和智能手机组成弹簧振子,中间用胶带连接,将弹簧振子挂在铁架台上,如图1所示,用物理天平测出手机的质量,用手机中已安装的Sparkvue软件<sup>[1]</sup>测出弹簧振子的周期,利用弹簧振子的周期公式<sup>[2]</sup>

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\kappa}}$$

其中, $m$ 是手机的质量,依据此式,从而计算出弹簧的劲度系数 $\kappa$ .

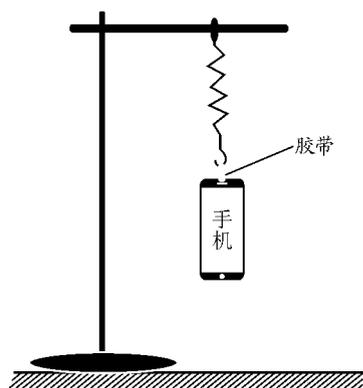


图1 实验装置图

## 2 实验测量结果

表1是手机质量 $m$ 的实验数据.

表1 手机质量 $m$ 实验数据记录

次数	1	2	3	4
$m$ /kg	0.117 3	0.117 5	0.117 6	0.117 3
次数	5	6	7	8
$m$ /kg	0.117 8	0.117 2	0.117 4	0.117 1

表2中是弹簧振子周期 $T$ 的实验数据.

表2 弹簧振子周期 $T$ 实验数据记录

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
$T$ /s	0.55	0.58	0.53	0.54	0.56	0.51	0.57	0.55

\* 国家教育部高等学校“专业综合改革试点”项目“物理学专业”资助.

作者简介:朱镜红(1989-),女,研究生在读,学科教学(物理)方向.

通讯作者:张雄(1956-),男,教授,学科教学(物理)和天体物理研究方向.



图2 从 Sparkvue 截图显示实验的操作页面

用手将弹簧拉伸至适当距离(弹性限度内),以使弹簧做小振幅的简谐振动,点击开始实验按钮,缓慢松手,一段时间后停止实验,选取弹簧振动稳定后的实验图像,截图如图3所示。

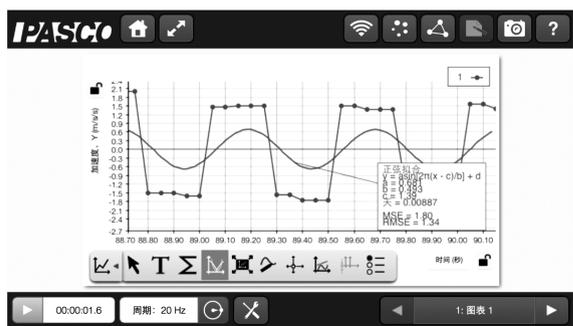


图3 从 Sparkvue 截图显示加速度(a)与时间(T)的关系曲线及正弦拟合曲线

### 3 实验结果和误差分析

#### 数据处理

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i = 0.1174 \text{ kg}$$

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i = 0.5488 \text{ s}$$

$$U_A(m) = \delta(\bar{m}) =$$

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n(n-1)}} = 8.02 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

$$U_B(m) = \frac{\Delta m}{\sqrt{3}} = 1.15 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

$$\delta(m) = \sqrt{U_A(m)^2 + U_B(m)^2} = 8.10 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

$$\delta(T) = \delta(\bar{T}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n(n-1)}} = 7.89 \times 10^{-3} \text{ s}$$

由弹簧振子周期公式变形得  $\kappa = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ , 将振子质量和周期的最佳估值带入得到弹簧劲度系数的最佳估值

$$\kappa = \frac{4\pi^2 \bar{m}}{\bar{T}^2} = \frac{4 \times 3.14^2 \times 0.1174}{0.5488^2} \text{ N/m} = 15.37 \text{ N/m}$$

误差为

$$\delta(\kappa) = \sqrt{2 \left( \frac{\partial \kappa}{\partial T} \delta(T) \right)^2 + \left( \frac{\partial \kappa}{\partial m} \delta(m) \right)^2} = 0.011 \text{ N/m}$$

所以弹簧的劲度系数的测量结果

$$\kappa = (15.37 \pm 0.01) \text{ N/m}$$

计算最佳估值与厂家值( $\kappa = 15 \text{ N/m}$ )的相对误差  $w$

$$w = \frac{|\kappa_{\text{最佳估值}} - \kappa_{\text{厂家值}}|}{\kappa_{\text{厂家值}}} \times 100\% =$$

$$\frac{|15.37 - 15|}{15} \times 100\% = 2.5\%$$

该误差值在误差允许范围内,实验误差小,实验结果理想。

### 4 讨论

由于在实验的过程中,手机有轻微晃动,影响了弹簧振动周期的测量,但手机中的 Sparkvue 软件测量时间的精度极高,可以适量的抵消由手机晃动带来的影响。此外,本实验还可用胶带在手机另一端加砝码,从而通过改变振子的质量得到不同的弹簧振动周期,拟合出  $T - m$  曲线,用一元线性回归的方法<sup>[3]</sup>来处理数据,也可提高实验结果的精确度。

#### 参考文献

- 1 Patrik Vogt and Jochen Kuhn. Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. The Physics Teacher, 2012, (3)
- 2 漆安慎,杜婵英.普通物理学教程力学第二版.北京:高等教育出版社,2005
- 3 张雄,王黎智,马力,等.物理实验设计与研究.北京:科学出版社,2001