

物理实验室

# 利用智能手机测量不同因素 影响下的动摩擦因数

翁叶芝 (潮州市华侨中学 广东 521021)

**摘 要** 文章介绍了一种利用智能手机探究动摩擦因数的影响因素的方法。利用装有 phyphox 软件的智能手机定量测量接触面的动摩擦因数在不同的压力、材料、粗糙程度和面积影响下的数值,对教材内容进行了拓展延伸。

**关键词** 智能手机 phyphox 软件 动摩擦因数 不同因素

**文章编号** 1002-0748(2024)10-0023

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》在基本理念中提出:“注重课程的时代性,关注科技进步和社会发展需求”“要引导学生自主学习,提倡教学方式多样化。”<sup>[1]</sup>随着信息时代的到来,智能手机更新换代的速度加快,其功能也越来越强大,正逐渐地改变人们的生活和学习方式。

人教版《物理(必修 第一册)》中,关于动摩擦因数的描述只有一句话,即“它的值跟接触面有关,接触面材料不同、粗糙程度不同,动摩擦因数也不同”,缺乏相应的实验论证和数据支撑。phyphox 软件基于智能手机所具有的含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<sup>[2]</sup>。本文所介绍的实验将装有 phyphox 软件的智能手机作为工具,为定量测量动摩擦因数提供了一种新方案,对教材的内容进行了拓展延伸。

## 1 设计原理与思路

如图 1 所示,当物体从斜面上匀速下落时,物体所受滑动摩擦力为

$$F_f = \mu F_N = \mu mg \cos \theta$$

根据重力沿斜面方向的分力与滑动摩擦力平衡,可得

$$mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$$

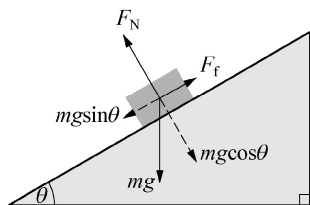


图 1 受力分析

所以有

$$\mu = \tan \theta$$

本实验中使用 phyphox 软件的“加速度(不含 g)”功能和“斜面”功能来测量手机下落的加速度和斜面的倾角。首先,在原始传感器中选择“加速度(不含 g)”功能[见图 2(a)],它可以同时测量  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个方向的加速度[见图 2(b)],并可以用图象显示加速度的大小变化[见图 2(c)]。我们只需要研究手机下落方向( $y$  方向)的加速度大小,当加速度为 0 时可判断手机做匀速运动。随后,打开工具中的“斜面”功能[见图 2(d)],将手机平放在斜面上,即可直接读取斜面的倾角[见图 2(e)],再根据  $\mu = \tan \theta$  求出动摩擦因数。

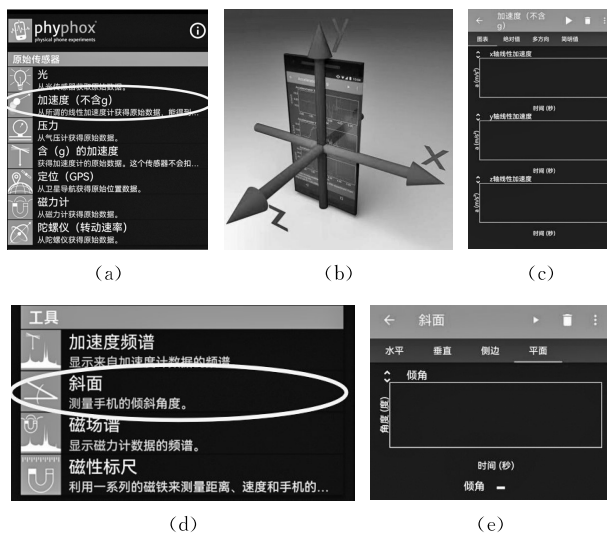


图 2 phyphox 软件功能图

## 2 实验过程与方法

如图 3 所示,用纸盒将长木板一端垫高,将手机放置在木板上。根据所研究的影响因素在手机套外表面分别套上不同的材料。打开手机中的 phyphox 软件,使手机在木板上下滑,观察加速度图象,调节木板的倾角直至图象在  $a = 0$  附近波动。

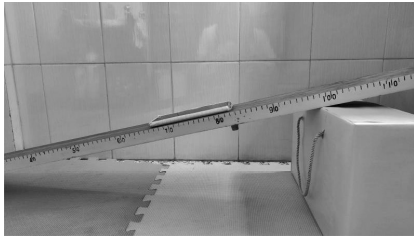
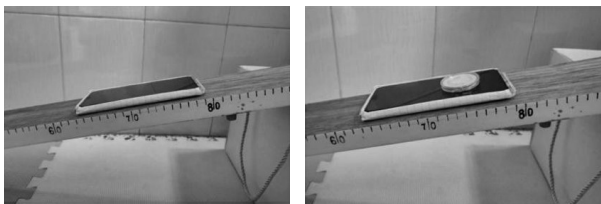


图 3 实验全景图

### 2.1 研究动摩擦因数与压力的关系

如图 4 所示,在手机套外表面套上平滑纸张,通过在手机上放置银币来改变压力的大小。

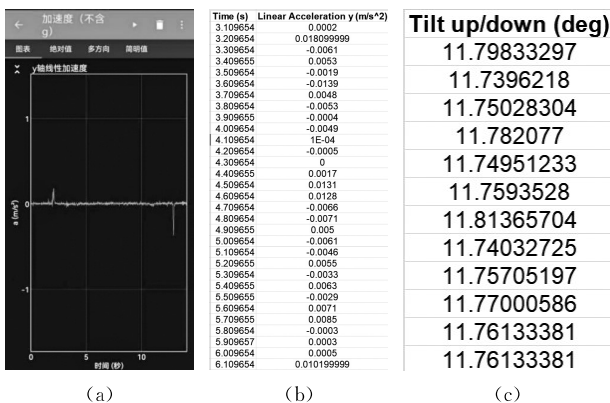


(a) 未放置银币

(b) 放置一个或二个银币

图 4

未放置银币时,调节斜面倾角至加速度图象在  $a = 0$  附近波动[见图 5(a)],导出 Excel 表格。选取平稳运动部分(3.1 s~10 s)的数据求出加速度的平均值为  $a = 0.004 \text{ m/s}^2$  [部分数据见图 5(b)]。此时可认为手机处于匀速运动状态,测得对应的斜面倾角的平均值为  $\theta = 11.765^\circ$ ,则  $\mu = \tan 11.765^\circ = 0.208$ 。



(a)

(b)

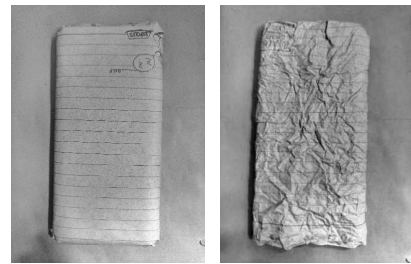
(c)

图 5

实验发现,若保持未放置银币时的斜面倾角不变,在手机上分别放置一个银币和两个银币随手机一同下落,其加速度的平均值均依然接近于 0,可认为此时手机仍处于匀速运动状态,说明放置一个或两个银币对  $\mu$  无影响。

### 2.2 研究动摩擦因数与接触面粗糙程度的关系

取两张相同的纸张,将其中一张平铺套在手机套外表面,另一张揉皱后再套在手机套外表面(见图 6),测量不同粗糙程度的纸张与长木板间的动摩擦因数。



(a) 套上平滑纸张

(b) 套上揉皱纸张

图 6

当手机套外表面套上平滑纸张时,其结果同前,  $\mu = 0.208$ 。

当手机套外表面套上揉皱的纸张时,在原来的倾角下观察到手机无法下滑,需重新调节角度直至  $a = 0$ ,测得匀速状态对应的斜面倾角的平均值为  $\theta = 13.631^\circ$ ,则  $\mu = \tan 13.631^\circ = 0.242$ 。

### 2.3 研究动摩擦因数与接触面材料的关系

在手机套外表面分别套上纸张、布料和泡沫(与手机等大),测量不同材料与长木板间的动摩擦因数。

当手机套外表面套上平滑纸张时,其结果同前,  $\mu = 0.208$ 。

当手机套外表面套上布料时,测得手机处于匀速状态所对应的斜面倾角的平均值为  $\theta = 17.717^\circ$ ,则  $\mu = \tan 17.717^\circ = 0.319$ 。

当手机套外表面粘上与手机等大的泡沫时,测得手机处于匀速状态所对应的斜面倾角的平均值为  $\theta = 21.258^\circ$ ,则  $\mu = \tan 21.258^\circ = 0.389$ 。

### 2.4 研究动摩擦因数与接触面积的关系

如图 7 所示,在手机套外表面分别粘上三片大小不同的泡沫,测量不同接触面积的泡沫与长木板间的动摩擦因数。

当手机套外表面粘上与手机等大(最大)的泡沫时,其结果见前面实验,  $\mu = 0.389$ 。

若保持以上斜面倾角不变,在手机套外表面分别粘上中等及最小的的泡沫随手机一同下落,其加

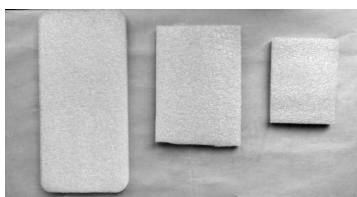


图 7 大小不同的泡沫三块

表 1 实验结论

| 影响因素                 | 压力(平滑纸张) |      |      | 粗糙程度(纸张) |        | 材料     |        |        | 面积(泡沫) |   |   |
|----------------------|----------|------|------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|
|                      | 无银币      | 一个银币 | 两个银币 | 平滑       | 粗糙     | 平滑纸张   | 布料     | 泡沫     | 大      | 中 | 小 |
| 斜面倾角 $\theta/^\circ$ | 11.765   |      |      | 11.765   | 13.631 | 11.765 | 17.717 | 21.258 | 21.258 |   |   |
| 动摩擦因数 $\mu$          | 0.208    |      |      | 0.208    | 0.242  | 0.208  | 0.319  | 0.389  | 0.389  |   |   |
| 是否有关                 | 无关       |      |      | 有关       |        | 有关     |        |        | 无关     |   |   |

### 3 结 语

本实验具有材料易得、操作简单的优点,不仅可用于教师课堂演示,更方便学生进行课后自主实验,有助于落实物理学科核心素养,培养探究精神。实验中运用手机软件的测量也对以往的实验方法做出了改进。比如,对于物体匀速下滑的判断,传统实验中利用打点计时器需多次调节斜面倾角直至打出的纸带点迹间隔相等,不仅操作繁琐,而且浪费纸带。使用 phyphox 软件,可直观显示出加速度的图象和

速度的平均值均依然接近于 0,说明手机套外表面粘上不同大小的泡沫对  $\mu$  无影响。

综上,总结出四种因素影响下的动摩擦因数如表 1 所示,说明动摩擦因数与接触面间的粗糙程度和材料有关,与压力和面积无关,实验结果与教材内容相符。

数值,根据加速度近似等于 0 即可判断物体匀速下滑。目前已有的实验大多只研究单一因素对动摩擦因数的影响,本实验定量测量了四种因素影响下动摩擦因数的数值,使得实验结论更加全面。

#### 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(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 何璐,祖米热姆·伊马木,方伟. phyphox 软件介绍及其在物理教学中的应用[J]. 物理通报,2020(2):101—104,108.

(上接第 22 页)

顺利进行。问题 6 是为了建立时间膨胀的概念,解决小禾测量时间的问题时,部分学生脑海中仍存有伽利略速度变换公式,此为思维堵点,通过回顾图 6 来击破。问题 7 中建立固有长度和非固有长度的概念,是历来的教学难点,笔者设计的系列问题 7(1)(2),学生课堂上回答顺畅,表明突破了该难点;问题 7(3)①②中识别固有时和非固有时是学生的思维堵点,通过回顾问题 6 中的固有时和非固有时的特征能有效地清除。通过前面的教学后,学生独自面对问题 7 时,绝大多数学生都能迎刃而解。

在大任务读书报告中有学生写到“爱因斯坦认识到只有把相对性原理提高到主导原则上来考虑,才能解决前面的种种不对称性问题。”“广义相对论建成后,时空观又有了许多新的重大突破,其中最重要的是物质、运动与时间、空间不再是分离、彼此无关的了。”“最震撼的是广义相对论的验证部分,1916 年爱因斯坦发表广义相对论,而到了 2015 年我们才真正地探测到了引力波。物理探究是一个漫长的过程,我们可能终其一生都看不到结果,探索的勇气是物理研究过程中必不可少的。”可见他们初步接受了

正确的狭义相对论时空观,体会到了科学研究是不断深入的、科学探索需要勇气。

另外,本单元的教学激起了学生强烈的好奇心,他们普遍希望了解双生子佯谬、时空弯曲、暗物质暗能量方面的问题,还有少数学生积极查找资料进行拓展学习。

由于在没有充分考虑要为学生活动和问题讨论留出充足的时间,当前教学设计仅安排 3 课时,显得较为仓促。考虑以后增加 1 课时,用于交流读书报告、反思所学的内容,促成学生更好地转变时空观。

#### 参考文献

- [1] 蒋最敏,高景. 普通高中教科书·物理(必修第二册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2021:87—109.
- [2] 张玉峰. 高中物理概念学习进阶及教学应用研究[M]. 南宁:广西教育出版社,2020:19—25.
- [3] 陈熙谋,吴祖仁. 普通高中教科书·物理(必修第二册)[M]. 北京:教育科学出版社,2019:117—121.
- [4] 申先甲,杨建鄯. 近代物理学思想史[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,2020:121—136,353—380.
- [5] 艾萨克·牛顿. 自然哲学的数学原理[M]. 任海洋,译. 重庆:重庆出版社,2008:6—13.