



# 基于智能手机传感器探究铅球的运动规律

——关于抛体运动的探究小实验

谢丹荔 周少娜 韩鹏

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

(收稿日期:2019-10-06)

**摘要:**实验是物理教学必不可少的一个环节,本文以铅球运动为例利用手机传感器探究其运动轨迹并找出规律,将课堂内容与生活实践相结合,一方面巩固应用了曲线运动的相关知识;另一方面更好地培养了中学生的科学素养和兴趣.

**关键词:**实验 手机传感器 铅球 科学素养

## 1 前言

人教版高中《物理·必修2》第五章中,给学生详细介绍了曲线运动.曲线运动的学习实质上延续了匀变速运动的知识,并且对牛顿第二定律进行了深化应用,拓宽了学生的思维,让学生进一步认识到运动与力的关系.每一节内容的最后都设置了问题与练习,以及“说一说”“做一做”等栏目.学生一般通过书面作业的形式进行探究演算.但是,其中有许多问题都与生活实际紧密联系,且为动态场景,需要学生充分展开想象才能了解其运动过程.在同一章节内还设置了研究平抛运动的实验,其中提供了多种方案,包括利用小球进行平抛,要求纸上大致描绘出曲线;或者利用水平射出的水柱来观察平抛运动的规律;以及使用数码照相机或摄像机记录平抛轨迹.值得一提的是课本中也提及了运用二维运动传感器进行实验,并结合计算机描绘出平抛运动的轨迹.这些实验的目的都是要求学生掌握平抛运动的轨迹公式以及运动规律,并且能够运用知识解决实际问题.但由于这些实验方案大都操作复杂,精确度较低或者由于设备有限无法给每位学生提供高精度的仪器进行测量,因此限制了学生的课外探究学习<sup>[1]</sup>.

本文针对第五章第3节的抛体运动,提出用手

机传感器设计一个有关的探究实验.通过学生熟悉的铅球运动,促进他们对曲线运动相关知识的掌握以及应用<sup>[2~6]</sup>.

## 2 实验准备

实验器材包括一部内置角度传感器和加速度传感器的智能手机.例如本实验中使用的iphone6智能手机,除此之外小米、华为、Oppo等品牌的智能手机均具备实验所需的角度及加速度传感器.另外,iPhone6跟华为荣耀10以及对应这两个品牌更新版本的智能手机还具有免除重力加速度影响的加速度传感器,也满足实验所需的功能.

手机内应安装好导出传感器数据的软件,例如本实验使用的phyphox软件;该软件的下载方式如下,ios系统下载地址:<https://apps.apple.com/cn/app/phyphox/id1127319693>,以及安卓系统下载地址:<https://so.m.sm.cn/c/s/m.cr173.com/mipx/1008222.html>.

phyphox安装好后,可查询该软件的使用说明:<https://phyphox.org/experiments/>.

还需一颗重4 kg,直径长10 cm的铅球,卷尺.

为了精确记录数据,需要准备一个手机固定套.手机固定套将会佩戴在手背上,使手机的方向与手掌的方向一致,如图1所示.



图1 固定手机在手背上

数据的采集将在软件内进行操作. 运动开始前, 点击开始按钮, 即右上角的三角符号, 待运动完成后, 再点击一次即可结束数据的记录. 具体界面如图2所示.

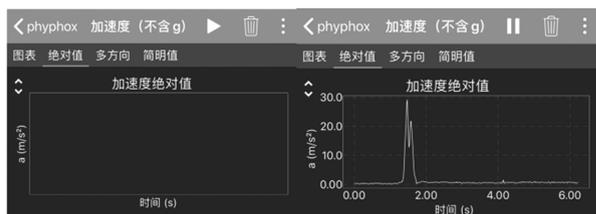


图2 点击开始记录数据, 再点击一次结束记录

另外为了使实验顺利完成, 还需准备一台计算机, 用于对数据进行精细处理.

### 3 实验原理

铅球投掷的轨迹类似于一种抛体运动. 忽略空气阻力, 我们可以运用抛体运动的相关知识对其运动过程进行探究, 找出规律. 课本中强调抛体运动的几个要素有初速度、出射角度, 以及出射高度. 投掷铅球的时候, 球离手的瞬间投掷者力量达到最大值, 因此对应的加速度也达到最大值, 记录此时的出射角度, 可以探究出射角度与投掷距离的关系. 并且对于同一个实验者, 其力量值与身高不变, 从而保证初速度与出射高度基本不变, 达到控制变量的目的<sup>[7]</sup>. 出射角就是初速度与水平面的夹角, 图3中 $x$ 便是与它互余的角度, 下文统一将 $x$ 称作倾斜角.

在实验过程中倾斜角的记录需要使用手机传感器软件. 由于手机固定在手背上, 因此手机与水平面的夹角近似于手掌与水平面的夹角, 从而准确记录下手掌的倾斜角.

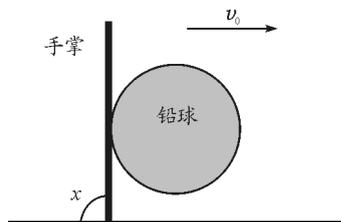


图3 手掌、铅球与水平面的角度

由于投掷时每个人的习惯不同, 要获得充足的数据需要对每位参与者记录15次到30次. 然后选取不少于15组数据并让学生自行在计算机上处理, 找出不同投射距离对应的角度, 进行比对, 找出规律<sup>[8]</sup>.

### 4 实验实施

实验共有3位参与者参与并实施实验. 首先有每位参与者进行投掷, 收集好足够的数据, 然后进行筛选处理. 图4是其中一位参与者的一组实验图像, 要求将数据导出后找出加速度最大值时对应的角度.

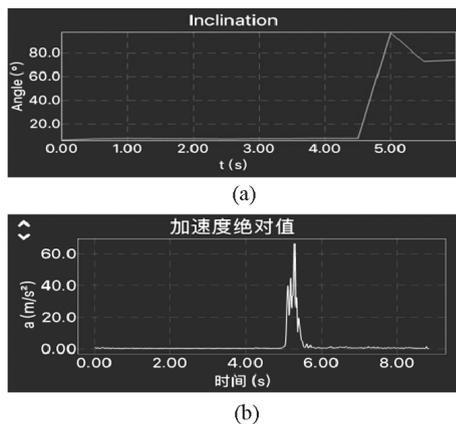


图4 同时记录角度与加速度

在软件记录好数据后, 需要将数据导入到电脑中进行精细处理. 图5和图6是手机导出数据的一系列界面. 首先在收集好数据的界面点击右上角的“...”, 然后选择“导出数据”, 再选择“Excel”模式, 最后根据自己的习惯选择导入的平台, 例如微信、QQ或者WPS, 通过在计算机上同步登陆相应的平台而获得导出的数据, 并且是以Excel形式生成.



图5 导出数据过程



图6 选择导入的平台

然后就可以在计算机上对数据进行筛选、处理、作图. 数据的筛选主要是删除无效数据、重复数据, 以及偶然数据.

无效数据主要是由于手机的计时早于运动的开始以及晚于运动的结束造成的. 它的特征表现为数据在零数值附近徘徊, 并且数据随时间的变化不成规律.

重复数据是由于运动的惯性导致. 实验中可能会出现两组及以上的相似数据, 相似点在于投射角度相近, 投射的距离也相近.

偶然数据也叫偶然误差, 可以通过作角度-距离图像发现. 作图后, 可能会出现一到两组偏离整体趋势的数据, 需要将它们剔除.

## 5 实验结果

学生甲(身高 163 cm, 体重 50 kg, 平均成绩是 7.64 m, 最高成绩 8.39 m), 表 1 是他的 25 组数据.

表 1 不同倾斜角对应的投掷距离

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
倾斜角 /deg	100.9	100	45.7	95	50.3	84.2	52.5	80.3	53.8	76.1
成绩 /m	5.12	5.56	6.04	6.23	6.58	6.74	7.01	7.04	7.13	7.22
次数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
倾斜角 /deg	55.4	71.4	56.9	66.6	60.9	65.9	64.9	65.4	65	64.3
成绩 /m	7.29	7.36	7.57	7.79	7.82	7.93	8.03	8.04	8.06	8.11
次数	21	22	23	24	25					
倾斜角 /deg	65.3	66.8	65.4	65.9	65.5					
成绩 /m	8.12	8.17	8.25	8.29	8.39					

在处理数据的过程中,需要引导学生规范记录数据,了解筛选数据的标准,并选择适当的图表展示数据规律等.鼓励学生面对具体问题,逐个解决,旨

在提高学生的创新实践能力.

利用 Excel 作图,如图 7 所示.

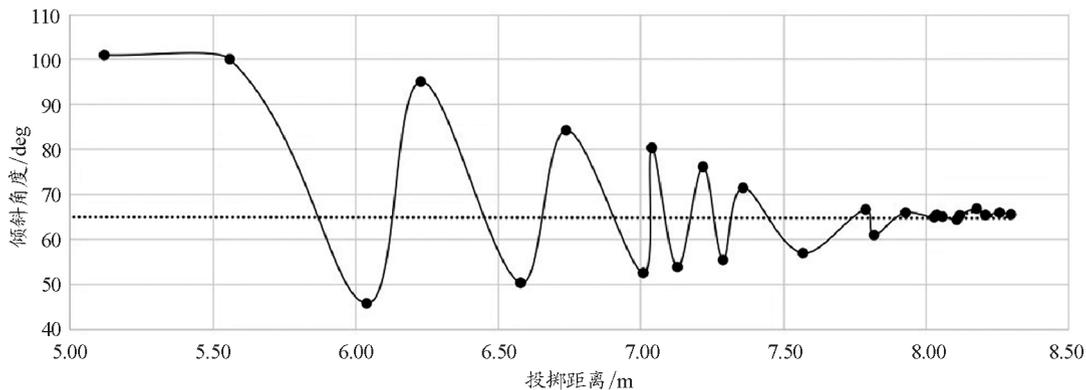


图 7 倾斜角度与投掷距离的关系

从图 7 可以明显观察到,当学生甲投掷距离越大,出射角会逐渐趋于某一固定值,这个值就是最佳倾斜角,测得是在  $65^\circ$  附近.对应的也就是该学生的最佳射程,测得在 8.4 m 左右.

实验中,同样处理学生乙和学生丙的数据也能得到类似的结果,最佳倾斜角分别在  $62^\circ$  和  $57.5^\circ$  附近.最后引导学生总结出铅球的投掷存在一个最佳的倾斜角,不同的个体最佳角度有着一定的差异,一般都是小于  $90^\circ$ <sup>[9]</sup>.

## 6 反思总结

体育运动是中学生生活中不可或缺的一部分,也蕴含了深刻的物理规律.铅球是一种常见的体育器械,让学生在情境中运用所学的知识去探索未知的物理规律;学生将知识与实际生活联系起来,为他们学习更为复杂的曲线运动奠定了基础;加深了学生对运动与力的关系的理解,在实验过程中还提高了创新实践能力.另外,利用手机传感器的实验方法相较于传统的实验室实验更为方便,灵活性高,在户外实验中也更可行.有利于学生进行课外探究,延伸课内知识,高效快捷.

## 参考文献

- 1 课程教材研究所.高中课程标准实验教科书物理·必修2[M].北京:人民教育出版社,2010
- 2 Hammond E C, Meron Assefa. Cell Phones in the Classroom[J]. The Physics Teacher, 2007, 45: 312
- 3 Falcão A E G, Gomes Jr R A. Cellular Phones Helping To Get a Clearer Picture of Kinematics[J]. The Physics Teacher, 2009(47): 167 ~ 168
- 4 Dave Van, Domelen. Teaching Light Polarization with Cell Phones[J]. The Physics Teacher, 2007(45): 469
- 5 Christian Villa. Bell - Jar Demonstration Using Cell Phones[J]. The Physics Teacher, 2009(47): 49
- 6 Patrik Vogt, Jochen Kuhn, Sebastian, et al. Experiments Using Cell Phones in Physics Classroom Education: The Computer - Aided g Determination[J]. The Physics Teacher, 2011(49): 383 ~ 384
- 7 于战营. 抛体运动规律深度探析[J]. 中学物理教学参考, 2019, 48(1): 42 ~ 43
- 8 惠玉洁. 智能手机在物理实验中的应用探讨[J]. 物理教学探讨, 2018, 36(517): 70 ~ 73
- 9 王锋. 最大射程和最佳抛射角的求法[J]. 湖南中学物理, 2009(5): 51 ~ 55