

教育技术应用

# 移动终端上利用 Phyphox 数值模拟求解抛体极值问题\*

陈麒任 冯秀梅

(华中师范大学物理科学与技术学院 湖北 武汉 430079)

(收稿日期:2021-08-16)

**摘要:**常见的数值模拟软件需要在个人电脑环境下运行,这大大制约了数值模拟的有效利用.利用移动终端上的 Phyphox 软件,模拟求解抛体射程极值问题.该软件编辑器能利用简单的编程和函数调用即能实现快速、精确的数值计算,从而求得抛体极值的具体解,并动态展示数值求解过程.这种在移动终端上直观、交互式的数值模拟求解,不仅方便学生随时学习,而且能提高学物理学习的兴趣,加深其对问题的理解.

**关键词:**Phyphox 数值模拟 移动学习

随着信息技术与物理教学的不断融合,计算机数值模拟在物理学习过程中得到广泛应用.数值模拟往往可以将物理学中一些复杂、抽象的内容以图像形式具体、形象地呈现在学生面前,从而活跃学生思维,激发学生的学习兴趣,加深学生对物理知识的理解.常见的数值模拟软件有 Excel, Matlab, Mathcad 等,这些软件普及率高且功能强大,但这些软件只能在个人电脑环境下运行,大大制约了数值模拟的有效利用.而将数值模拟与移动学习进行有效结合,可以充分利用移动终端的便携性和普及性,构建更为高效的开放型教学形式,提高物理教和学的效果.

Phyphox 就是一款可以在移动终端便捷开发数值模拟功能的软件.目前,结合手机内部各种传感器,利用 Phyphox 开发各类物理实验,已经被广泛应用于物理实验教学<sup>[1-4]</sup>.但是 Phyphox 的数值模拟功能却较少被物理教育工作者关注到.可以通过 Phyphox 官网进入编辑器页面(<https://phyphox.org/editor/>),该编辑器包含各种常见的函数,功能强大,并且采用模块化的编程,零基础的学习者也可快速上手,通过简单编程即可实现数值模拟.程序编写完毕后,可以生成二维码,任何已下载 Phyphox 的移动终端都可通过扫二维码下载使用该程序.本

文以数值模拟求解抛体射程的极值为例,展示如何在移动终端利用 Phyphox 进行简单编程,实现动态化展现求解过程,提升学生交互学习的体验.

## 1 问题与分析

**问题:**某人以初速度  $v_0$  投掷铅球,若铅球出手高度为  $h$ ,空气阻力不计,那么此人如何投掷可使铅球的射程最大?

**分析:**已知抛射点距离地面高度为  $h$ ,出手速度为  $v_0$ ,设抛射角为  $\theta$ ,重力加速度为  $g$ .投掷铅球后,铅球出手后的运动为斜抛运动.由运动的合成与分解可知,铅球的水平方向的轨迹方程为

$$x = v_0 t \cos \theta \quad (1)$$

铅球的竖直方向的轨迹方程为

$$y = h + v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

设铅球的射程为  $s$ ,飞行时间为  $\tau$ ,那么根据斜抛的运动规律可以列出下列方程

$$-h = v_0 \tau \sin \theta - \frac{1}{2} g \tau^2 \quad (3)$$

$$s = v_0 \tau \cos \theta \quad (4)$$

由式(3)解得(舍去负值解)

$$\tau = \frac{v_0 \sin \theta + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \theta + 2gh}}{g} \quad (5)$$

\* 华中师范大学中央高校基本科研业务费资助,项目编号:CCNUTE2020-06

作者简介:陈麒任(1994-),男,硕士,主要从事中学物理教学研究.

将式(5)带入式(4)可以得到斜抛射程的表达式

$$s = \frac{v_0^2}{2g} \left( \sin 2\theta + \sqrt{\sin^2 2\theta + \frac{8gh}{v_0^2} \cos^2 \theta} \right) \quad (6)$$

以我国优秀运动员巩立姣在十一届全运会女子铅球项目中取得冠军的投掷情况为例来进行分析. 她投掷铅球的出手速度  $v_0 = 13.841 \text{ m/s}$ , 出手角度  $\theta = 33.875^\circ$ , 出手高度  $h = 2.01 \text{ m}$ <sup>[5]</sup>, 她的投掷成绩为  $20.35 \text{ m}$ . 由式(6)可知, 当铅球出手速度、高度为定值时, 铅球的射程与出手角度唯一相关. 那么这个射程有没有对应的极大值呢? 她的投掷角度是否对

应着射程的最大值? 接下来我们利用 Phyphox 的数值模拟功能来解决这个问题.

## 2 利用 Phyphox 求解抛体极值

### 2.1 人机交互 展现全参数 $\theta$ 角抛体的运动轨迹

利用 Phyphox 编辑器设计人机交互界面, 学生在对话框中输入任意角度 ( $0 \sim 90^\circ$ ) 均可得该角度的抛体运动轨迹图案, 并且可以同时展示多条运动轨迹曲线, 使用不同颜色进行区分, 这样一来学生便可以直观地感受不同抛射角度下抛体运动轨迹间的差异, 形成对抛体问题的初步认识.

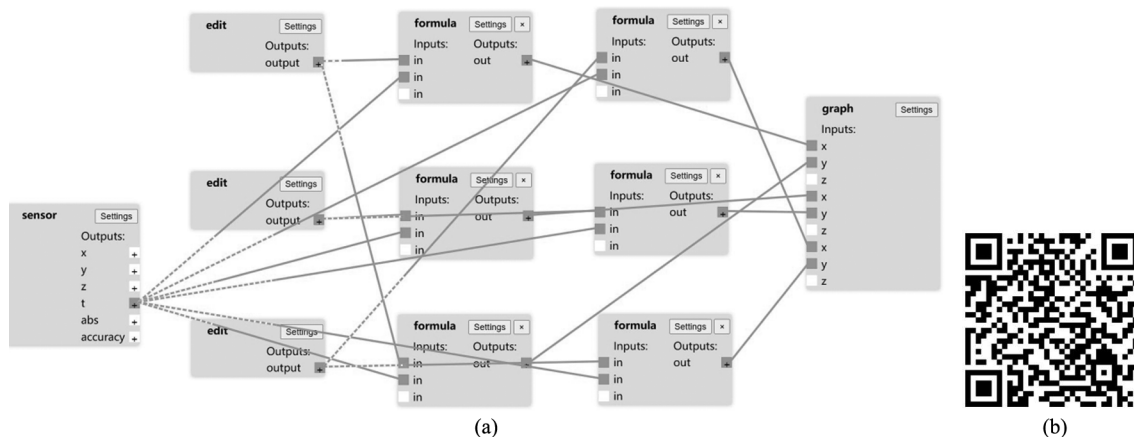
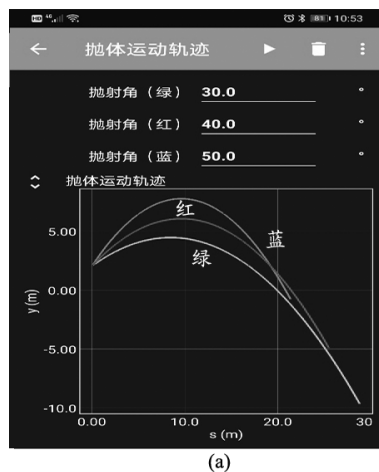


图1 抛体运动轨迹程序设计与二维码

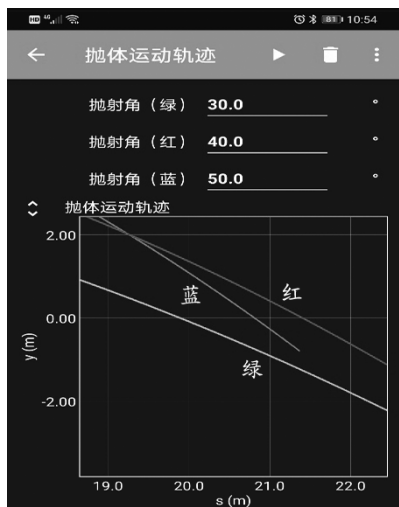
具体程序代码如图 1(a) 所示, 图 2(b) 是该程序的二维码. 该程序的设计思路是, 首先调用 sensor 模块的  $t$  作为时间, edit 模块是一个输入框, 学习者可以在里面输入任意角度, 将 edit 和  $t$  分别输入至第一个 formula 模块的 1 和 2 入口, 并在其中填写公式<sup>[参照式(1)]</sup>:

$13.841 * \cos([1] * 3.1415926/180) * [2_]$ , 第一个 formula 输出为 graph 模块的  $x$ , 表示抛体在  $x$  方向的位移. 然后, 将 edit 和  $t$  分别输入至第二个 formula 模块的 1 和 2 入口, 并在其中填写公式:  $2.01 + 13.841 * \sin([1] * 3.1415926/180) * [2_] - 0.5 * 9.8 * [2_] * [2_]$ , 第二个 formula 输出为 graph 的  $y$ , 表示抛体在  $y$  方向的位移. 最后, 重复上述操作两次, 实现 3 条抛体曲线共同显示. (注: 由于 Phyphox 软件本身的问题, 本实验程序通过扫码加载只能显示 3 条黄色曲线, 若想要 3 条不同颜色曲线需要将生成的后缀名为 .phyphox 文件中的线条颜色代码进行修改, 随后传输至移动设备中打开即可)

加载完实验程序后, 在操作界面的 edit 对话框中分别输入 30, 40, 50, 得到如图 2(a) 所示的 3 条抛体运动轨迹图像, 颜色分别为绿、红、蓝. 如图 2(b) 所示, 从抛物线与  $y = 0.00$  相交点离坐标原点距离的远近可以看出, 红色所代表的  $40^\circ$  角的射程是最远的, 似乎存在一个中间角度为最佳抛射角. 学生形成了这样的初步认识后, 为进一步分析抛体极值问题奠定了基础.



(a)



(b)

图2 抛体运动轨迹

## 2.2 绘制 $\theta-s$ 图像 利用 max 函数自动定位最大值

当抛体的出手速度和高度一定时,射程与抛射角度的关系如式(6)所示. 本文利用 phyphox 编辑器实现射程的数值求解,并动态展示  $0 \sim 90^\circ$  范围内的抛射角与射程的关系曲线,让学生直观体会最大射程确实存在.

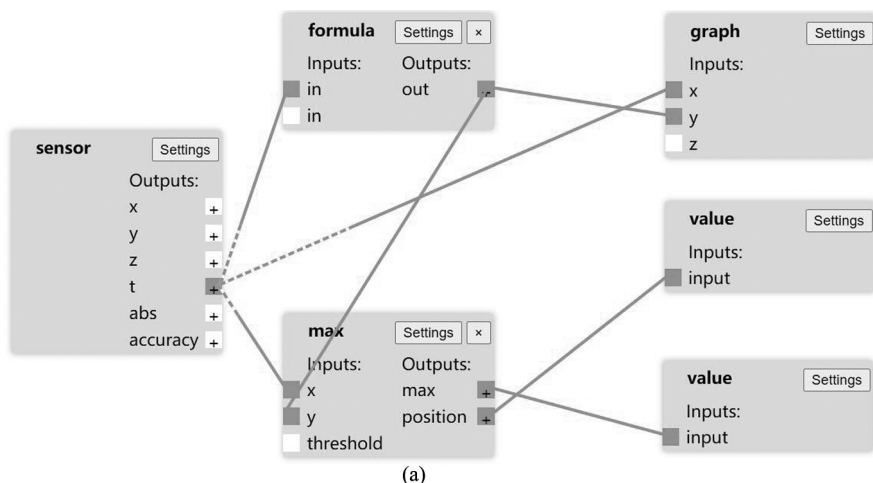
具体程序代码如图 3(a) 所示,图 3(b) 是该程序的二维码. 该程序的设计思路是,首先调用 sensor 模块的  $t$  作为自变量,自变量  $t$  即为式(7)中的抛射角  $\theta$ ,将其输入到 formula 模块. 然后,在 formula 模块中填写公式:

$$(13.841 * 13.841 / 2 / 9.8) * (\sin(2 * [1_] *$$

$3.1415926 / 180) + ((\sin(2 * [1_] * 3.1415926 / 180))^2 + (8 * 9.8 * 2.01 / 13.841 / 13.841) * (\cos([1_] * 3.1415926 / 180))^2) * 0.5$ ). 自变量  $t$  经过该公式计算后,输出给 graph 模块的  $y$  作为图像的纵坐标, graph 的  $x$  横坐标由 sensor 模块的  $t$  输入,将 sensor 模块的  $t$  和 formula 的输出分别输入至 max 模块的  $x$  和  $y$ , max 模块的作用是自动寻找纵坐标为最大值时的横、纵坐标. 最后将 max 找到的横、纵坐标输入至两个 value 模块,在软件交互界面中显示出来.

扫描图 3(b) 的二维码,在移动终端上加载完程序后,进入该项目的操作界面,点击右上角的三角形图案按钮,程序便开始运行. 在开始实验之前应该点击右上角的 3 点图案按钮,将本实验的时间设置为 90 s,这样保证自变量在达到  $90^\circ$  时模拟自动停止. 图 4 即为模拟过程图,图 4(a) 是未达到极值时的  $\theta-s$  图像,此时界面下方的示数在不断变化;图 4(b) 是达到极值后的  $\theta-s$  图像,此时界面下方的示数不再变化,说明极值已经被记录下来;图 4(c) 是模拟完成时的  $\theta-s$  图像,此时  $\theta$  已经达到  $90^\circ$  且界面下方示数仍然不发生变化,说明在  $0 \sim 90^\circ$  的抛射角范围内,有且只有一个角度为最佳抛射角,此时对应的射程为最大射程,该角度为  $42.33^\circ$ ,最大射程为 21.46 m. 这和利用解析解求得式(6)射程极值的结果是一

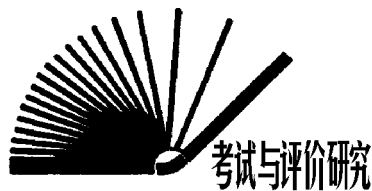
致的,此时对应的  $\theta = \arcsin \frac{1}{\sqrt{2 + \frac{2gh}{v_0^2}}}$ .



(a)

(b)

图3  $\theta-s$  图像程序设计与二维码



# 2021年高考全国新课标甲卷理综 第33题评析与启示

姜继成

(贵阳市第十中学 贵州 贵阳 550001)

(收稿日期:2021-07-01)

**摘要:**立德树人、服务选才、引导教学是高考的核心功能,而高考物理试题在发挥育人功能的同时对中学物理教育也具有积极的导向作用.精妙的高考题能从多角度考查学生的物理学科素养,对高中育人方式的改革、素质教育的发展起到积极的推进作用,对2021年高考全国新课标甲卷理综第33题加以分析,挖掘试题体会命题人的意图,以期今后的教学提供参考.

**关键词:**高考全国 试题评价 学科核心素养

2021年高考全国新课标甲卷理综第33题是一道看似常规,但实际上是灵活性很高的考题.第一小题起点低,是一道常规习题,但以填空题的形式出

现,学生有些不适应.第二小题是气缸类考题,是以活塞压缩气体为情景,对气缸内气体进行探讨,特别是要求考生根据“当隔板两边压强差超过 $0.5p_0$ 时

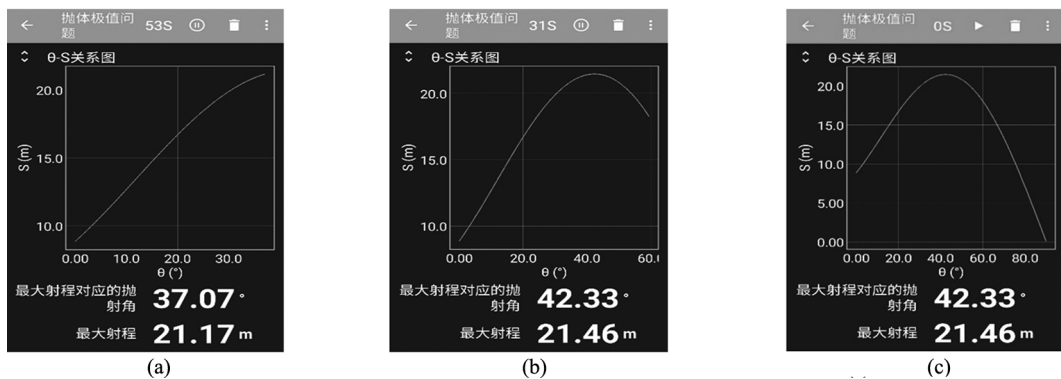


图4 求解极值问题的模拟过程图

巩立姣在十一届全运会上夺得冠军时的出手角度为 $33.875^\circ$ ,这比我们得到的理论最佳抛射角要小,说明巩立姣要想取得更好的成绩,需要提高铅球的出手角度.该结论与文献[5]中的结论一致.

### 3 总结

本文利用Phyphox软件在移动终端上对抛体极值问题进行了数值模拟,不仅精准、快速地得到了极值的具体解,而且设置了人机交互,利用全参数、动态化的图形展现了抛体的具体轨迹,使得该内容变得生动、直观、有趣,不仅方便学生随时学习,而且有利于加深其对该问题的理解,提高物理学习的兴趣.

### 参考文献

- 1 杜微,朱有程,周子昂,等.利用智能手机研究二维光栅衍射[J].物理教师,2021,42(5):50~52
- 2 易伟松,余泉雄,夏媛惠,等.利用智能手机定量测量楼梯、电梯高度与垂直速度[J].大学物理实验,2021,34(2):20~24
- 3 王锦辉,孙存英,周红,等.利用智能手机磁传感器研究单摆运动[J].大学物理,2021,40(3):33~37
- 4 周祎,马如宝.创设真情境,探究真问题——以phyphox软件为支架的“牛顿运动定律的应用”教学设计[J].物理教学,2019,41(8):2~6
- 5 李厚林,高聪,杨阳,等.我国女子铅球优秀运动员巩立姣20.35m突破点的运动学研究[J].中国体育科技,2017,53(3):117~126