

# 基于 STEM 理念的 高中物理实验教具制作综述

## ——以单摆测重力加速度实验为例

杨磊 天津市第五中学

### ● 特色与亮点

本教具设计融高中物理实验单摆测重力加速度、开源硬件设计、手机APP开发等多学科知识于一体,让学生通过动手实践学习物理知识,体会动手制作的乐趣,实现“做中学、用中学”的教育理念。课程设计分两个层次:针对全体学生的课堂演示教具和针对部分学生的创客开发案例。

#### 1. 课堂演示亮点

①学生对新教具充满好奇心,争先恐后地尝试操作,可见学生对新鲜事物还是充满好奇心的,他们的求知欲被激发。

②学生的动手能力、数据处理能力、观察能力以及分析判断能力在分工协作下都得到不同程度的训练和提升。

③以学生为主体的教学形式可最大程度地调动学生的思维活动,让学生的“脑”跟着他们的“手”动

起来,再由他们的“脑”去指导他们的“手”。

#### 2. 创客案例亮点

①Arduino简便的开发方式使开发者更能关注创意与实现,高效地完成项目的开发任务,大大节约学习成本,缩短项目的开发周期。

②教具的底座由环保塑料积木搭建而成,整体无焊接,无胶水,内部硬件通过杜邦线连接,体现即拆即用的设计风格,可实现核心组件及传感器的重复利用。

③新教具的部分自动化、过程可视化、与电子白板的应用达到了很好的教学效果,让学生认识到科技进步带来的便捷。

④通过编程解决实际问题,培养学生计算思维。

### ● 制作背景

STEM是一种教育理念,有别于传统的单学科、重书本知识的教育方式。这是一种重实践的超学科

教育概念。任何事情的成功都不是依靠某一种能力来实现,而是需要借助多种能力来完成,如高科技电子产品的建造过程中,不但需要科学技术,运用高科技手段创新产品功能,还需要好看的外观,也就是艺术等方面的综合才能,所以单一技能的运用已经无法支撑未来人才的发展。未来,我们需要的是多方面的综合型人才,STEM教育理念的提出便是这一人才需求形势的产物。

计算思维是运用计算机科学的基础概念进行问题求解、系统设计,以及人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动。它通过约简、嵌入、转化和仿真等方法,把一个看似困难的问题重新阐释成一个我们知道问题怎样解决的方法,还可通过利用启发式推理寻求解答,即它是在不确定情况下的规划、学习和调度的思维方法,同时也是利用海

量数据来加快计算,即在时间和空间之间、在处理能力和存储容量之间进行折衷的思维方法。

本教具设计是基于STEM理念体现计算思维培养的教学示范。单摆测量加速度实验是高中物理最经典的实验之一,它在各级公开课、各省市高考中频繁出现,是高中物理教学的重点内容之一。本教具将开源控制平台Arduino控制器结合传感器融入实验,既可提高学生兴趣,开阔实验思路,也可让学生在实验的同时,改进并创新出自己的实验新思路。

因传统的实验设计利用秒表作为重要的实验器材,通过记录时间和记录单摆次数,进行重力加速度的求解,能很好地让学生体会实验操作乐趣,故而本实验设计并没有在原理上做改动,而是思考如何让学生使用传感器及编程方法,部分代替人工,实现部分功能的自动化,争取提升传统实验过程的有效性。本实验充分利用开源硬件的优势,并将计算思维融入教具研发的全过程,使用C语言进行软件开发,实现数学计算;它通过运用蜂鸣器、数码显示管和蓝牙传感器等,使其全过程高度自动化、细节可视化。不仅如此,它能克服使用传统教具过程中的人为干扰因素:红外传感器代替人工计数,消除计数过程中的人为误差;利用电磁铁释放金属小球能避免因人为释放导致单摆变成螺旋摆的失误。

## ● 设计思路及内容结构

### 1. 硬件部分

利用Arduino开源硬件平台,结合传感器的使用,将传统的以人工为主的实验过程,通过硬件的方式完成。

#### (1) 外观设计(如图1、图2)

#### (2) 硬件设计(如图3)

#### (3) 硬件连接(如图4)

### 2. 软件部分

#### (1) Arduino IDE 基于 Processing IDE 开发

对于初学者来说,它不仅极易掌握,而且具有足够的灵活性。Arduino语言基于Wiring语言开发,是对avr-gcc库的二次封装,它不需要太多的单片机基础及编程基础,就可快速地进行开发(如下页图5)。本教具的程序用C语言编写而成,由四大功能模块组成:①初始化模块,对传感器引脚进行定义及赋初值;②输入输出模块,为用户提供清晰的操作提示,实现在数码管及外接终端上整个计数过程的可视化,并将输出结果分别显示在数码管及终端上;③传感器功能模块,负责红外传感器、电磁铁、超声波传感器的功能实现;④蓝牙通信模块,实现与蓝牙终端设备的连接。

### (2) APP Inventor

APP Inventor原是Google实验室(Google Lab)的一个子计划,由一群Google工程师和勇于挑战的Google使用者共同参与设计完

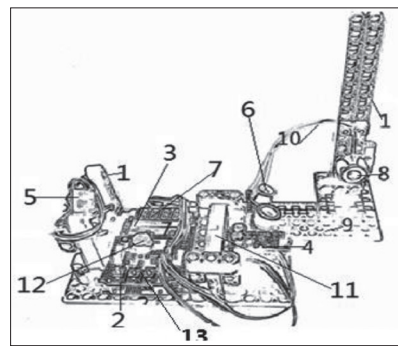


图1 仪器外观结构

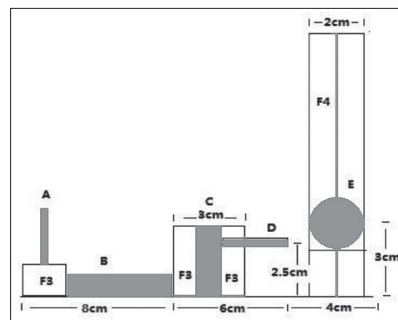


图2 仪器侧视图

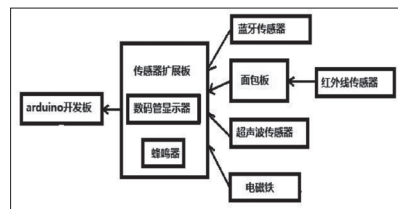


图3 仪器内部硬件连接图

编号	硬件名称	物理连接
1、F	底座和支架	
2、A	Arduino UNO	
3、A	传感器扩展板	
4、D	KeyesIR 红外线传感器	5v、GND、9号引脚
5、B	A09 he-05 蓝牙传感器	Bluetooth
6	HC-SR04 超声波传感器	5v、5号、6号、GND
7*	数码管显示器	4号、7号、8号引脚
8、E	P20/15 吸盘式直流电磁铁	A5 引脚、GND
9、F	插孔式环保塑料积木	
10	杜邦线	
11、C	面包板	
12*	蜂鸣器	3号
13*	按钮 2,3	A2、A3

图4 硬件名称及连接(编号中数字为图1标注编号,字母为图2的标注,\*表示集成在传感器扩展板上的器件)

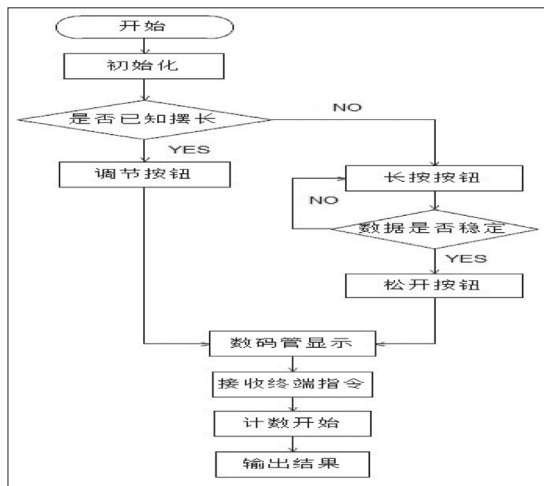


图5 arduino程序流程图



图6 手机端操作界面

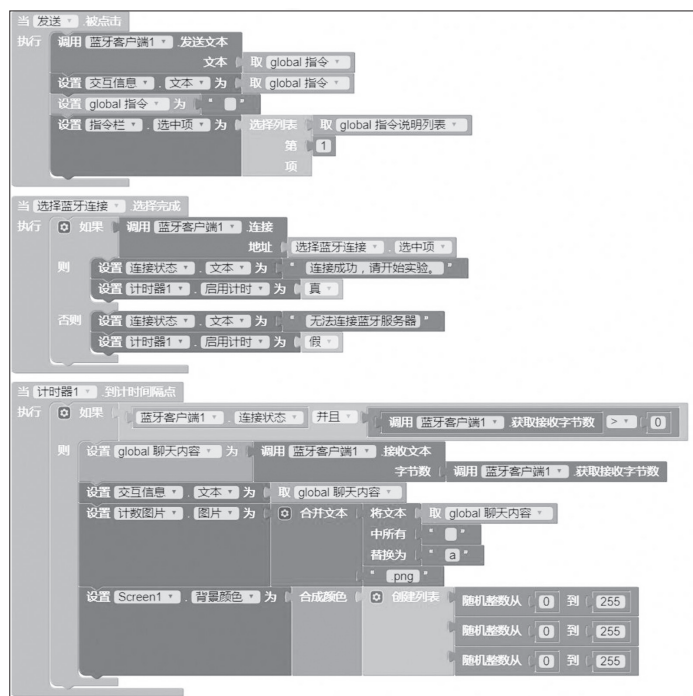


图7 APP Inventor块代码(部分)

成。Google App Inventor 是一个完全在线开发的 Android 编程环境,它抛弃复杂的程式代码而使用积木式的堆叠法来完成 Android 程式。因为对于想要用手机控制机器人的使用者而言,他们不大需要太华丽的界面,只要使用基本元件如按钮、文字输入

输出即可。本教具开发手机端是为了让学生可以利用手机与教具产生交互功能,实现远距离控制和数据传输(如图6、图7)。

### 3. 操作步骤

将本教具放置在水平桌面,用数据线连接电脑或蓝牙连接手机、Pad。安装铁架台和单摆装置。单摆小球球心与教具的红外线传感器探头保持水平,以红外线红色指

示灯长亮为准。本教具利用串口与终端进行通信,终端需安装敞口通信软件,如sscom32等。通电后,计算机终端会显示欢迎界面和操作选项。如事前已知摆长(100cm以

内),请在终端上输入“Y”;然后按仪器上第二个按钮,调节数码管,使显示屏显示已知摆长的数值;再按第三个按钮确定。如需测量摆长,请在终端上输入“N”;然后把超声波传感器放置在小球底端并长按第二个按钮,当终端上重复显示测量值时松开按钮;再将小球移到悬点处,按第三个按钮重复之前步骤。该过程可借助CD光盘托住小球,便于测量。当摆长确定,电磁铁通电开始工作。将小球靠近电磁铁,使其被电磁铁吸住。在终端上输入“A”,电磁铁断电停止工作,小球开始做单摆运动。红外线传感器开始计数,并在终端上显示计数过程,当计数达到40次,蜂鸣器响起。在终端上(电子白板或手机屏幕)显示测量结果:摆长、周期和重力加速度。

### ● 关键技术处理

实验原理:在偏角小于 $5^\circ$ 的情况下,单摆近似做简谐运动,其周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ,由此可得重力加速度 $g=\frac{4\pi^2}{T^2}L$ ,测出摆长L、周期T,代入上式,可算出g值。

与传统实验进行对比:①秒表由Arduino内部的计时器取代;②可利用超声波传感器测量摆长;③人工计数部分使用红外传感器进行计数并将计数过程在数码管上呈现出来;④人工释放小球容易导致运动形式发生变化,采用电磁铁控制小球释放,可避免运动偏差;⑤利用蓝牙将数据传送到手机

端,开发APP实现手机端控制,并接收数据;⑥计数过程和测量结果可在教具端、手机端、电脑端同时呈现。

### ● 幕前幕后

本教具设计初衷是基于STEM理念将高中物理、开源硬件搭建、编程等多学科知识进行融合,让学生通过不同的角度体会科技的发展及对学习方式方法的影响。本教具可让不懂技术的教师和学生很方便地使用,同时,整个设计过程一直考虑能否让学生参与到教具的开发和设计中去。参与创客学习的学生,经过教师的讲解能掌握基本原理,并在教师的帮助下顺利地完成开发过程。学生完成该教具的制作后,还可以在班级其他同学面前进行演示和讲解,从中收获知识带给他的荣誉感。所以它既

是物理课上的演示教具,同时也是—个很好的创客学习的教学案例。

本教具的设计和开发过程是对STEM教育的一次尝试。本教具结构简单,操作方便,便于教学推广,其全部过程高度自动化,细节可视化,减少操作者进行手动操作和人工计算时产生的误差,验证结果准确,能够让学生直观、明了地理解利用单摆原理测量重力加速度的方法和步骤,有利于学生主动参与、师生互动、合作交流,激发学生和教师的创作热情,因此本教

具在教学应用过程中得到学生和教师的好评。因利用多个传感器之间协同工作完成基础物理实验,所以它对学生产生积极影响和深深触动。创客课程的开发,将教具的教学功能以不同的角度呈现,让学生充分认识到“用中学、学中用”的真正内涵。



作者在比赛现场

## 评委印象

作为高中物理兼信息技术学科教师,作者从教14年,在编程教学和基于STEM促进信息技术与物理和数学学科教学深度融合方面有较深的理论研究和严谨的教学实践。

该项作品是基于STEM理念的教具设计。作品对传统单摆实验教具进行了优化升级和空间拓展,虽然相关主题的实验教具已经很多,但作品更加注重过程的精准性和可视化,并结合电子白板、手机等多个终端进行交互。作品在误差控制上,引入电磁铁释放单摆小球,利用红外线低点计数,有效降低偶然误差的产生。在实际教学中,作品既可以作为物理课堂教具,又可以作为综合实践活动的教学课程。从教学案例的角度讲,作品使用了Arduino开源硬件、多个数字传感器的组合、乐高风格的外观、C语言编程和图形可视化APP手机编程等元素,便于教师以此设计教学活动,让学生自己动手,将物理和数学与信息技术有机融合,实现了“学中做,做中学”。利用作品将数字化学习应用于教学实践之中,既很好地完成了课堂教学任务,又激发了学生学习兴趣,开阔了学生视野,点燃了学生创新热情。该作品是第十六届NOC活动数字化学习工具评优赛项中的典型案例。e

(点评人: NOC活动数字化学习工具评优赛项裁判长/湖北省教育信息化发展中心 雷春)