

文章编号:1005-4642(2019)06-0059-05

STEAM 课程理念下的高中物理实验设计

——以基于 Arduino 探究小车速度随时间变化规律为例

李 伟, 窦国慧, 田 爽

(东北师范大学附属中学, 吉林 长春 130022)

摘 要:融合物理、技术、工程、数学等学科知识,对用打点计时器测速度实验进行了改进. 实验中采用 HC-SR04 超声波传感器测量小车位移,使用计算机对数据进行收集和处理,并对结果进行简要分析. 尝试在 STEAM 教育理念的指导下,通过跨学科整合,充分以学生为主体,培养学生的创新思维,为基础物理实验的改革提供新思路.

关键词:STEAM 教育;速度;Arduino

中图分类号:G633.7

文献标识码:A

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2019.06.012

在飞速发展的科技创新背景下,STEAM 教育已经在全世界引起了强烈影响及广泛关注. 与中国传统单学科教学方式相比,STEAM 教育突破了学科之间的独立性,更加关注学科之间的联系. 东北师范大学附属中学将 STEAM 教育理念作为一剂催化剂应用于课堂教育中,坚持“以学生为本”原则,通过科学整合的方式培养学生掌握知识和技能,并将内容灵活迁移解决真实问题,使学生成为各行业所需的高素质创新性人才. 本文正是学校在推进 STEAM 在中学课堂落地的案例总结,旨在为中学 STEAM 教育的实施提供参考范式.

1 STEAM 教育理念

20 世纪末期,美国教育学家 Yakman 教授提出了将科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering)、艺术 (Arts) 和数学 (Mathematics) 等学科在教学过程中整合成多元化互动式教育理念,即 STEAM 教育理念^[1]. STEAM 教育是以数学为基础,通过工程和艺术解读科学和技术,强调课堂设计的延展性,旨在开发学生潜在的探索能力、创造能力、互动能力及开拓能力^[2].

物理实验旨在培养学生发现问题、解决问题

和延伸问题的能力,使学生真正成为学习的主体. 传统的物理实验教学主要是教师讲授,学生动手操作,导致学生所掌握的知识缺乏结构性和系统性,同时,学生所学物理知识与社会生产和生活脱节,削弱了学生学习物理的兴趣^[3-4].

将 STEAM 教育融入物理实验教学内容中,可以有效改善传统实验教学的弊端. STEAM 课程理念下的物理实验教学需要在教学过程中渗透基于物理学的应用、注重数学运算、联系物理学前沿动态以及现代技术等,对教学内容进行适当重组和扩展,引导学生将物理与技术、工程及数学进行整合,培养学生的综合素质^[5-6].

探究小车速度随时间变化的规律实验是中学物理中的基本实验,它对学生理解匀变速直线运动规律,培养学生实验探究能力、数字化实验能力有较好的辅助作用. 我校以 STEAM 教育理念为切入点,结合普通高中测量小车运动速度随时间变化的实验案例,探讨如何在 STEAM 教育理念指导下开展物理实验课程的教学创新设计.

2 STEAM 教学理念下物理实验的改进

选取的问题是如何准确高效获得物体运动速度随时间的变化,取材于物理教学中的真实问题,可以突出体现 STEAM 教育中的跨学科性、趣味

收稿日期:2019-03-22;修改日期:2019-04-24

作者简介:李 伟(1980—),男,吉林伊通人,东北师范大学附属中学一级教师,博士,从事高中物理教学与教学管理.



性、体验性、协作性、情境性、设计性、艺术性、实证性等本质特征。

2.1 传统实验装置及其弊端

在传统实验中,利用电磁打点计时器研究小车在重物牵引下的运动,观察小车速度随时间变化是教材中学生需要掌握的实验.实验原理是通过记录和测量纸带上两点的时间间隔和距离,利用加速直线运动的相关知识计算得出物体运动中各点的瞬时速度,讨论瞬时速度随时间的变化规律.实验装置图如图 1 所示.

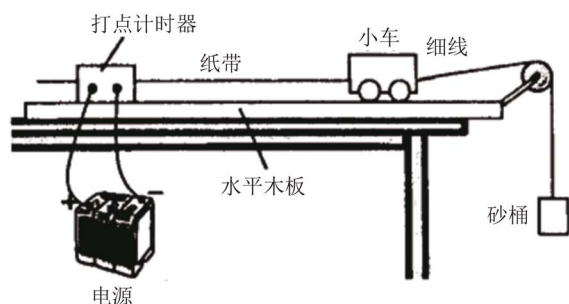


图 1 基于打点计时器的传统实验装置

使用打点计时器进行实验的误差主要来源是:运动的纸带与打点计时器的限位孔之间存在摩擦力以及打点计时器的振针与纸带间的摩擦阻力.另外,传统实验使用的实验器材主要是打点计时器、刻度尺等,使用这些器材做实验时,实验数据的读取、记录、分析、处理是由学生完成的,所需时间较长,减少了课堂上学生独立分析、深度思考的时间.

2.2 改进的实验装置

图 2 为改进的实验装置图.利用亚克力板作为小车运动导轨、超声波固定架材料.亚克力板表面光滑,可减少小车在运动过程中的摩擦力,在

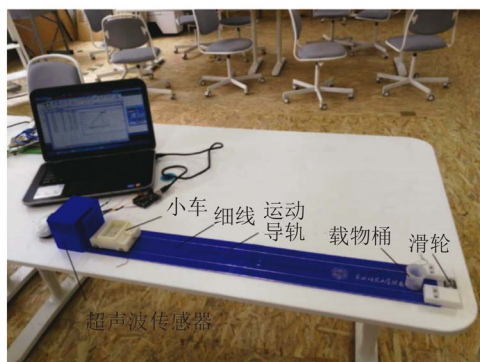


图 2 改进实验装置图

轨道中间制作 2 排与车轮间距同宽的凹槽,其作用是保证小车的运动轨迹为直线;另外,利用 CATIA 三维建模软件设计实验小车几何模型,其模型如图 3 所示,并使用 EInstart-S 桌面 3D 打印机打印小车模型,如图 4 所示.

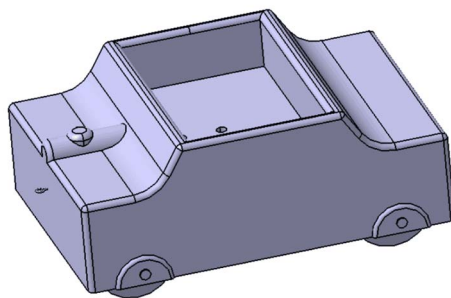


图 3 实验小车三维几何模型

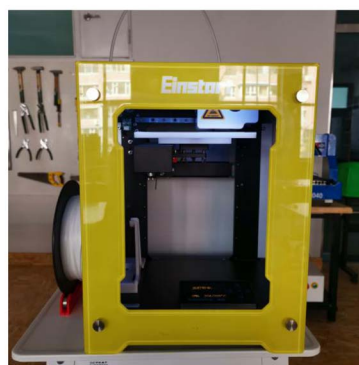


图 4 EInstart-S 桌面 3D 打印机正在打印实验小车

为避免打点计时器测量误差问题的出现,本文将电磁打点计时器替换为 HC-SR04 超声波传感器,如图 5 所示. HC-SR04 超声波传感器可提供 2~400 cm 的非接触式距离感测功能,测距精度可达 ± 3 mm;模块包括超声波发射器、超声波接收器及控制电路.通过控制电路记录超声波发送及返回的时间,从而获得距离.



图 5 HC-SR04 超声波传感器实物图

Arduino 是开源的输入/输出的微控制器电路板,它可以通过各种各样的传感器感知环境,同时通过执行元件反馈和影响环境. Arduino 在各领域得到了广泛的应用,在实验教育领域,为教育设计和教学实践带来了创新的思路和方法,对丰富教学内容、改善教学方法、提高学习体验具有促进作用,因此可以用 Arduino 及 HC-SR04 超声波传感器共同作用设计完成物理实验^[7].

在该部分中,充分体现了学科知识的整合取向. 通过建构小车的三维数学结构模型,利用计算机编程实现小车 3D 打印原型的设计,再通过高精度超声波传感器实现距离的有效测量,将数学、计算机、艺术、电子电路等学科进行有效整合.

2.3 实验原理

如图 6 所示为超声波测距原理图.

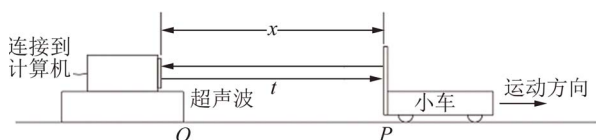


图 6 超声波测距原理图

小车初始位置为 O 点,在钩码作用下,小车在水平方向上向右移动,超声波发射器向小车移动方向发射超声波,在发射时刻开始计时,超声波在空气中传播,当小车运动至 P 点时,超声波碰到小车挡板后返回,超声波接收器收到反射波停止计时,若发射声波与接收声波的时间间隔为 t ,超声波在空气中的传播速度为 $v_{\text{超}}=340 \text{ m/s}$,可确定小车运动的位移 $x=\frac{1}{2}v_{\text{超}}t$.

在传统实验中,用相邻两点间的平均速度表示两点间某处的瞬时速度,本文沿用上述原理确定小车运动过程中的瞬时速度.

图 7 所示为实验中小车运动至 P 点后继续水平向右运动情况示意图,假设小车运动至 Q 点时,超声波接收器再次接收反射波,且发射声波与

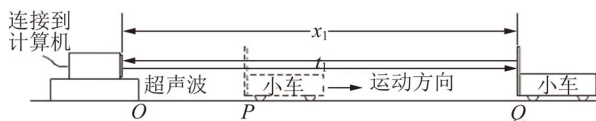


图 7 小车运动示意图

接收声波的时间间隔为 t_1 ,结合图 2 可确定 P 和 Q 两点间某点的瞬时速度为

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x}{t_1 - t}. \quad (1)$$

STEAM 教学不能凭空想象,必须以准确的科学原理为依托,独立学科的基础知识掌握仍然是基础. 因此在这一部分中,学生必须提前对物体运动速度的获得原理进行学习,这也说明了 STEAM 教学的设计性非常重要.

2.4 实验步骤

首先,学生在水平方向上对小车进行受力分析,由于小车受到拉力和滑动摩擦力,故确定小车所做运动为变速直线运动. 其次,考虑到 STEAM 教学模式实施时具有一定难度,因此建议该实验以小组协作的方式展开,为学生提供 Arduino UNO 开发板、HC-SR04 超声波传感器、重物、载物桶、细线、滑轮等器材,让学生初步设计实验方案,思考实验改进方法. 最后,使用计算机、Einstart-S 桌面 3D 打印机等设备设计并制作实验装置所需结构,并通过 HC-SR04 超声波传感器测出小车移动时的位移,并使用电脑收集数据,通过 Origin 处理数据,得出小车的速度随时间变化规律,具体步骤如下:

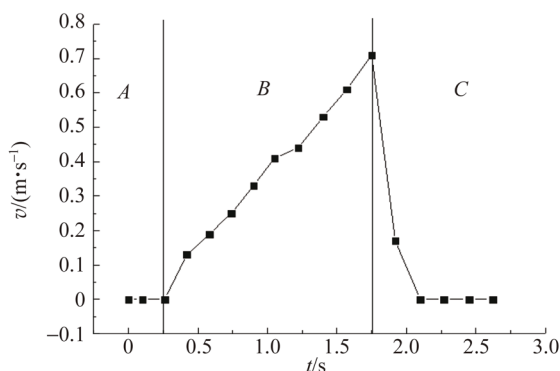
- 1) 固定小车,将重物放置在载物桶中,细线绕过滑轮,调节细线位置,使重物自然下垂;
- 2) 调节 HC-SR04 超声波传感器位置,使传感器正对小车的挡板;
- 3) 开启 HC-SR04 超声波传感器,使传感器处于工作状态;
- 4) 迅速释放小车,在重物的拉力下小车做加速运动,同时记录实验数据,使用 Origin 绘制速度-时间图像;
- 5) 关闭 HC-SR04 超声波传感器,整理实验器材.

2.5 实验测试及结果

通过多次实验后,计算机收集的位移和时间数据及根据位移和时间计算出各时刻瞬时速度,如表 1 所示,将速度时间绘制为曲线如图 8 所示. 从图 8 可知,图像分为 3 个区域,A 区域是小车处于静止状态,B 区域是小车在重物作用下做加速运动的过程,C 区域是小车运动至导轨尽头,减速并停止运动的区域.

表 1 小车速度随时间变化的数据

x/m	t/s	$v/(m \cdot s^{-1})$
0.02	0	0
0.02	0.10	0
0.02	0.26	0
0.02	0.42	0.13
0.04	0.58	0.19
0.07	0.74	0.25
0.11	0.90	0.33
0.16	1.05	0.41
0.23	1.22	0.44
0.31	1.40	0.53
0.40	1.57	0.61
0.51	1.75	0.71
0.63	1.92	0.17
0.66	2.10	0
0.66	2.27	0
0.66	2.45	0
0.66	2.62	0

图 8 小车运动的 $v-t$ 图象

3 STEAM 教育理论下实验结果分析

在改进后实验过程中,实验数据收集及整理用时 3 s,远远小于使用打点计时器后数据处理所需时间;数据采集由计算机辅助完成,偶然误差几乎可以忽略;在系统误差方面,HC-SR04 超声波传感器具有较高的精度,系统误差小;在实验设计方面,以 STEAM 教育理念为基础,结合工程技术、信息技术及数学相关知识设计并开展实验,其中所涉及的 STEAM 学科知识如表 2 所示.与传统基于打点计时器的实验相比,学生有更多的时间进行自主思考与探究,培养了学生创新能力、数字化实验能力,激发了学生的学习兴趣,调动了学生学习的积极性.改进实验装置操作简单,可以方便地带入课堂演示,也可让学生动手操作制作实验装置,实现了计算机技术与传统实验技术的整合,便于学生将课堂理论知识的学习与实践探究更好地结合.

虽然基于 STEAM 教育理念物理实验设计在课程设计环节及教学质量均有明显优势,但改进后的物理实验,课程任务周期长,占用大量的教学时间,且授课教师及学生需掌握一定的技术及工程方面的相关知识,使得 STEAM 教育理念在我国现阶段教育中无法广泛应用于全部的高中物理实验教学中,因此,可将其作为综合实践类物理实验课程及探究类物理实验课程的首选模式.

表 2 实验中涉及的 STEAM 知识

S(科学)	T(技术)	E(工程)	A(艺术)	M(数学)
加速直线运动	AutoCAD 及 CATIA 绘图	实验装置材料选择	实验装置色彩搭配	瞬时速度公式推导
瞬时速度与平均速度	Arduino 程序设计	实验装置设计及建模	实验装置美观性	实验小车几何尺寸确定
	Origin 数据收集及处理	实验结果整理及分析		
		实验装置再优化		

4 结束语

基于 STEAM 教育理念进行的物理实验,与传统物理实验不同,不再局限于学科本身,而是将技术、工程、数学与高中物理相结合,更直观地展现小车的运动过程中物理现象和物理规律,鼓励学生通过合作和交流的形式进行探究,把学生的学习和跨学科课程设计相结合,为探究基础物理实验的创新和改革提供新思路及新方向.

参考文献:

- [1] 余胜泉,胡翔. STEM 教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究,2015(4):13-22.
- [2] 李扬. STEM 教育视野下的科学课程构建[D]. 金华:浙江师范大学,2014.
- [3] 刘焯. STEM 理念下的物理创新实验校本课程开发和研究[D]. 上海:上海师范大学,2017.
- [4] 杨凌波. 基于 STEAM 教育理念的高中物理教学策略研究[J]. 现代职业教育,2018(18):209.

- [5] 谢丽,李春密. 物理课程融入 STEM 教育理念的研究与实践[J]. 物理教师,2017,38(4):2-4.
- [6] 董莉,蒋德琼. 有关高中物理教学中渗透 STEM 教育的思考[J]. 物理通报,2017,34(s1):4-5.
- [7] 单旭晨,唐廷翱,谢庆志,等. Arduino 在物理实验中的应用[J]. 物理实验,2014,24(10):29-31.

Experimental design of high school physics in STEAM curriculum, a research on the time-dependent vehicle speed using Arduino

LI Wei, DOU Guo-hui, TIAN Shuang

(High School Attached to Northeast Normal University, Changchun 130022, China)

Abstract: By integrating the knowledge of physics, technology, engineering, mathematics and other disciplines, the experiment of measuring speed with a dotting timer was improved. In the improved experiment, the HC-SR04 ultrasonic sensor was used to measure the car displacement. Under the guidance of STEAM education concept, this paper tried to train students' innovative thinking and provides new ideas for the reform of basic physics experiments through interdisciplinary integration and taking students as the main body.

Key words: STEAM education; speed; Arduino

[责任编辑:尹冬梅]

(上接第 58 页)

Improvement on the experiment of measuring wavelength by two-slit interference

LIU Yin-kui

(No. 2 Middl School of Leqing, Leqing 325600, China)

Abstract: Aiming at the shortcomings in the experiment of measuring wavelength by two-slit interference in the teaching material published by the People's Education Press, the traditional device had been improved. In the improved experiment, by using laser as the light source, the experimental phenomena could be observed and measured directly on the screen. The experimental operation was simple, and the error was small. Using the improved device, the effects of the wavelength, the slit separation, and the distance between slits and screen on the spacing between adjacent bright fringes could also be explored. The experimental device could also demonstrate the Poisson bright spot, single slit diffraction and small aperture diffraction. The experimental phenomena were obvious.

Key words: two-slit interference; diffraction; laser pointer

[责任编辑:尹冬梅]