

基于 Arduino 和 LabVIEW 数字化实验的开发与应用*

——以“探究影响单摆的周期因素”的单摆实验仪为例

陈文锋 吴灿铭 李秀燕

(闽南师范大学 物理与信息工程学院 福建 漳州 363000)

(收稿日期:2021-12-07)

摘要:利用 Arduino 单片机和 LabVIEW 虚拟仪器平台,设计开发了数字化便携式单摆实验装置.该装置以 Arduino 搭配光电门作为下位机采集单摆的振动周期,实现周期测量的准确性;通过无线模块将数据传输给 LabVIEW 上位机,将测量的结果实时显示在设计好的数据处理界面上,由程序自动绘制单摆质量、摆角、摆长和周期的函数图像,实现了数据处理的直观化和快捷化.

关键词:Arduino LabVIEW 数字化实验 单摆 周期

1 引言

《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》强调要注重信息技术与教育的全面深度融合^[1].《基础教育课程改革纲要》也明确提出“培养和发展人的信息素养要作为渗透素质教育的核心要素”^[2].数字化实验是现代信息技术应用到物理教学中的典型代表,是促进教育信息化的重要组成部分,也是促进信息素养和物理学科核心素养达成的重要途径.

Arduino 是一款基于开放原始代码的简单 I/O 平台,包含硬件 Arduino 板和软件 ArduinoIDE,它可以通过各种各样的传感器来感知、反馈和影响环境. LabVIEW 是美国国家仪器公司(NI - National Instruments)研发的一款图形化编程语言 G 编写程序,具备强大的界面编程功能.

受文献^[3~5]启发,笔者以 Arduino 单片机和 LabVIEW 虚拟仪器为基本平台,研发便携式数字化单摆周期测试系统,既提升了单摆周期测量的准

确性,优化了数据自动化处理功能,又能在教与学的过程中潜移默化地提升了师生的信息素养与学科素养.

2 数字化实验的设计

2.1 实验器材

单摆,Arduino 开发板,Arduino IDE 软件, LabVIEW 软件,ZigBee 无线通信模块,光电门.

2.2 单摆测试系统

如图1所示,单摆测试系统原理图涉及 Arduino 下位机和 LabVIEW 上位机两个核心部件.单摆测试系统有3个子系统:数据采集系统是以作为控制核心的 Arduino 搭配光电门传感器构成,用于采集单摆的振动周期;数据传输系统由两个 ZigBee 无线传输模块构成,用于将测量的数据传输给计算机;数据处理系统即 LabVIEW 上位机,用于实时显示数据采集结果,并绘制周期与摆球质量、周期与摆角、单摆周期与摆长等函数关系曲线.

* 福建省自然科学基金,项目编号:2021J011009;闽南师范大学校长基金,项目编号:KJ2020029

作者简介:陈文锋(1998-),男,在读硕士研究生,研究方向学科教学(物理).

通讯作者:李秀燕(1974-),女,硕士,副教授,主要研究表面与界面材料与计算、物理教学.

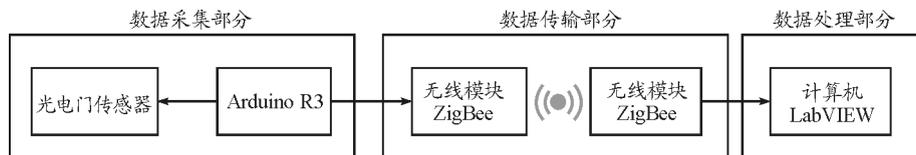


图1 测试系统原理图

图2为单摆测试系统的实物接线图,3个子系统的工作过程如下。

首先,Arduino开发板的9号模拟口作为光电门的数据端口,与光电门的数据线相连接,通过Arduino记录单摆从最高点下落,第一次经过光电门与第三次经过光电门的时间差,即为单摆的一个

完整周期,取3次振动周期的平均值记录;

其次,Arduino开发板的12和13号模拟口作为无线通信模块的收发口,配合两个 ZigBee 无线通信模块与 LabVIEW 上位机进行无线通讯,从而把 Arduino 采集到的数据传输到 LabVIEW 上位机。

数据处理系统的程序框图如图3所示。

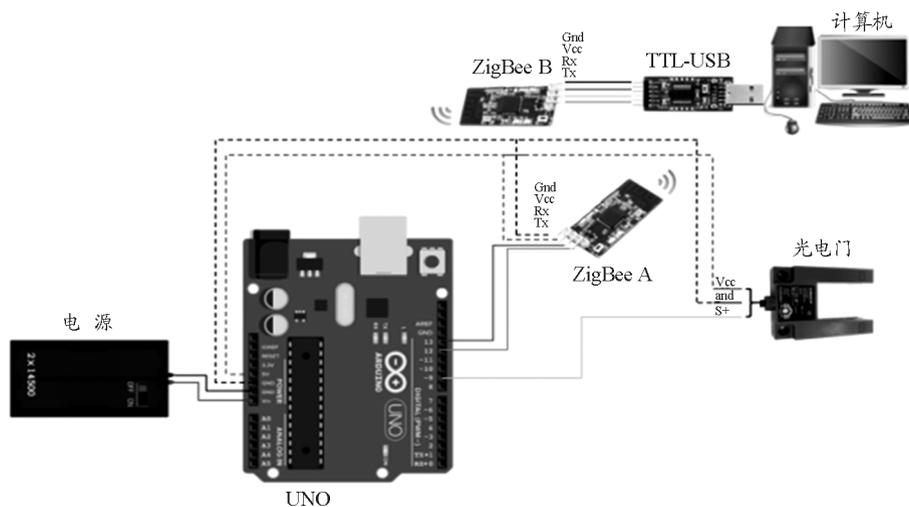


图2 测试系统实物接线图

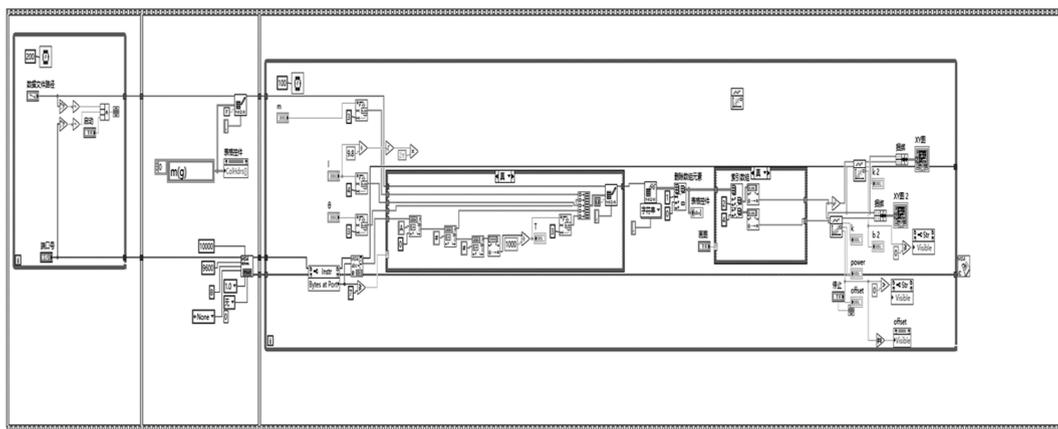


图3 数据处理系统程序框图

数据处理界面图如图4所示,其中,①号窗口用于选择正确的I/O端口,保证测量数据的正确传输;②号窗口用于选择数据的存储文件路径;③号窗口用于输入摆球质量、摆角、摆长等实验参数;④

号窗口用于实时显示光电门所测的单摆振动周期;⑤号窗口可实时记录实验数据;⑥号窗口则用于绘制 $m-T$ 、 $\theta-T$ 和 $l-T$ 等函数关系曲线;⑦号位置可以显示拟合曲线的函数。

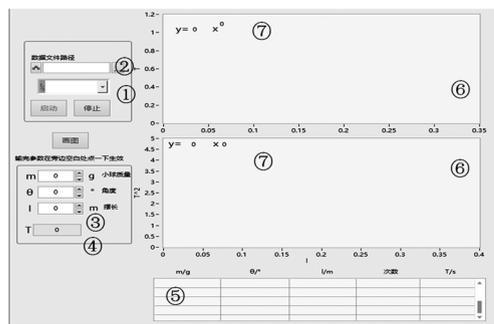


图4 数据处理界面

实物装置图则如图5所示,主要包括能调节悬线长度和配有光电门与角度仪的单摆实验装置、Arduino模块和安装好LabVIEW处理系统的计算机。

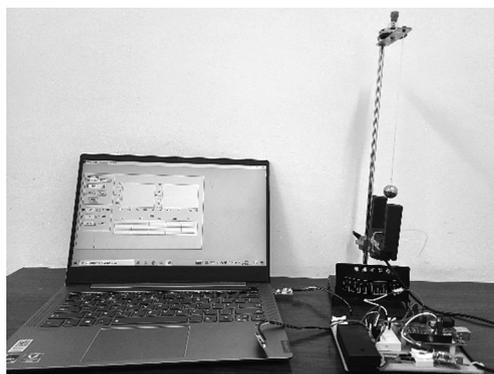


图5 实物装置图

3 实验过程

3.1 实验要求

高中物理“探究影响单摆振动周期的因素”实验中课标^[6]要求是能通过实验,探究单摆的周期与摆长的定量关系。

下面就如何利用自制数字化单摆实验装置,探究影响单摆周期的各种因素作详细介绍。

3.2 实验过程

步骤一:探究单摆的振动周期与摆球质量的关系

采用控制变量法,将单摆的摆线长固定为0.15 m,摆角统一为 5° 。选择20 g铁球,10 g木球,5 g塑料球作为摆球,通过测量结果分析所测周期与摆球质量的关系。

先取20 g铁球作为摆球,安装好单摆实验装

置,从 5° 摆角处,无初速度释放摆球,观察单摆的振动情况,在确保小球做单摆运动后,利用光电门自动记录单摆振动周期,Arduino接受光电门的数据信号并传给无线串口Zigbee A,无线串口Zigbee A将接收到的数据信号发送给无线串口Zigbee B,无线串口Zigbee B再将接收到的数据信号传给计算机中的LabVIEW程序进行处理和显示。具体步骤如下:先在①号窗口选择COM4作为串口端;在②号窗口选择数据存储的文件路径;在③号窗口输入摆球质量、摆角、摆长3个实验参数;则在④号窗口中可实时显示光电门所测的单摆振动周期。

将小球更换为10 g木球,5 g塑料球后,重复以上过程,在⑤号窗口可实时显示每次测量的相关实验数据;当数据采集完毕以后点击画图按钮,则在⑥号窗口可绘制 $m-T$ 函数关系曲线。

由图6所示测量结果可知, $m-T$ 函数在误差允许范围内为一水平直线,说明随质量的增加,周期不变,从而向学生说明单摆的周期与摆球质量无关。

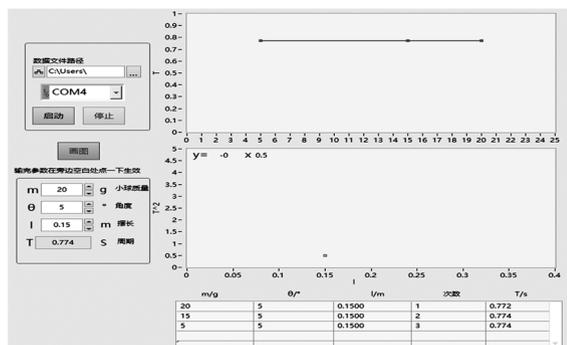


图6 单摆振动周期与摆球质量的关系图像

步骤二:探究单摆的振动周期与摆角的关系

此时,将单摆的摆线长固定为0.15 m,摆球质量统一为20 g。选择 2° 、 5° 和 8° 作为摆角,分析所测周期与摆角的关系。

每次固定一个摆角后,同样利用光电门自动记录单摆的周期,利用Arduino和无线串口的蓝牙传输进行数据信号的接收与发送,最后传给计算机中的LabVIEW程序处理显示。①②③④号窗口的操作与步骤一相似。

当数据采集完毕以后点击画图按钮,在⑥号窗口也可绘制得到 $\theta-T$ 函数关系曲线。由图7可知,此

时 $\theta-T$ 函数在误差允许的范围也为一水平直线, 同样可向学生说明随摆角的增大, 周期并没有随之发生变化, 因此, 单摆的周期与摆球质量无关。

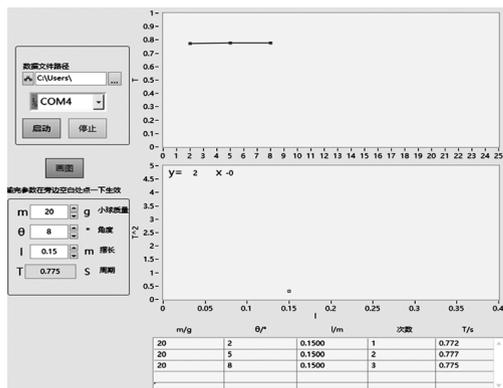


图7 单摆振动周期与摆角的关系图像

步骤三: 探究单摆的振动周期与摆长的关系

此时, 将单摆的摆球质量同样固定为 20 g, 摆角仍统一为 5° . 将摆线从 0.15 m 开始以 0.02 m 为间隔, 逐次递增摆长至 0.31 m, 分析所测周期与摆长的关系。

每改变一次摆长, 参考步骤一, 重复以上①②③④号窗口的操作。在⑤号窗口可观测每次测量所得的相关实验数据。当数据全部采集完毕以后点击画图按钮, 则在⑥号窗口可获得 $l-T$ 函数关系曲线。由图 8 的 $l-T$ 函数关系曲线可以发现, 随着摆线长度增长, 单摆的振动周期也随之增大。

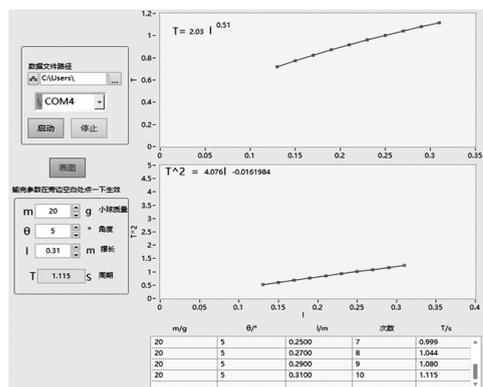


图8 单摆振动周期与摆长的关系图像

利用 LabVIEW 的曲线拟合功能, 由图 8 可得此时单摆周期和摆长的函数关系为 $T=2.03l^{0.51}$, 由此可知, 单摆的周期与摆线的方根有一定的关系。为

进一步验证猜想, 再次利用 LabVIEW 的曲线拟合功能, 得出 $l-T^2$ 的函数关系曲线, 拟合后的方程为 $T^2=4.076l-0.016 \approx 4.076l$, 由此可知, 在误差允许的范围周期平方与摆长近似成正比关系。

通过数字化单摆实验仪, 从步骤一操作到步骤三, 可得出单摆的周期与摆角、摆球质量无关, 与摆长的方根近似成正比关系。

4 结束语

利用 Arduino 单片机和 LabVIEW 虚拟仪器平台, 设计开发的数字化便携式单摆实验装置, 既克服了传统单摆实验周期测量不确定、数据分析不直观等缺点, 也规避了成套 DIS 数字化实验设备价格昂贵、不易携带而较难普及等不足; 通过测试系统自动绘制的质量、摆角、摆长和周期的函数图像, 可让学生直观观测影响单摆周期的因素; 师生在数字化教学资源开发与利用的过程中, 无形中促进了信息素养和物理学科核心素养的达成。利用 Arduino 与 LabVIEW 搭建的实验系统具有较强的可移植性, 能在同一套实验设备开发多个数字实验, 便携节能; 此外, 通过自主开发实验仪器, 有助于学生创新思维能力的培养, 学生通过参与开发实验仪器并完成相关的实验, 会在获得基本的实验探究知识、能力、技巧之外, 促进学生未来实验开发的能力提升。

参考文献

- 1 教育部. 教育信息化十年发展规划(2011—2020年)[J]. 中国教育信息化: 基础教育, 2012(8): 5~14
- 2 教育部. 教育部发布《基础教育课程改革纲要(试行)》[OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/jcj_kcjcgh/200106/t20010608_167343.html
- 3 胡博, 邹建中. 利用 Arduino 和 LabVIEW 探究电磁感应定律[J]. 物理通报, 2021(4): 56~59
- 4 范军. “用单摆测量重力加速度”实验的改进[J]. 中学物理教学参考, 2021, 50(20): 67~68
- 5 谯坤凡, 韩沁君. 自制单摆周期测量仪[J]. 物理教学探讨, 2019, 37(1): 46~48
- 6 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2011年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012