

结合 Arduino 开源电子平台探究声速与温度之间的关系^{*}

康 顺

(上海市浦东模范中学东校 上海 201209)

(收稿日期:2021-01-11)

摘 要:介绍了组合 DS18B20 温度传感器、HC-SR04 超声波传感器及 Arduino 开源电子平台,探究声速与温度之间的关系.着力实现数据可视化,培养学生科学探究能力和实验创新精神.

关键词:科学教育 教育现代化 实验创新 科学建模

培养学生的科学探究能力是科学学科最重要的育人目标之一,也是教师认为比较难落实的教学任务.科学探究能力的培养不同于科学知识的学习那样容易直接传授,换句话说,科学探究能力是一种综合性较强的能力,不可能用同一个范式进行讲解,只能通过实验实践体验来内化.这就意味着,教师需要通过不同的课堂表现形式,融合现代化技术手段作为有效支撑,细化教学过程、加强点拨指导、总结提炼后才能让学生逐渐形成科学探究思想.通过调查发现,教师对科学探究能力所持的观点十分复杂.一般来说,人们对科学探究能力通常持有以下观点,科学探究能力是过程技能的集合,科学探究能力是科学方法的集合,科学探究能力是要素化的能力,科学探究能力是科学思维和科学推理能力,科学探究能力是问题解决能力和科学探究式整体性能力等 6 类观点^[1].

教育现代化是助推科学教育深层次变革的重要动力,其核心要素是促进信息技术与教学的深度融合.目前,以人工智能、大数据、云计算、物联网、5G 技术、虚拟现实等为代表的现代新兴技术正在与日常教学密切衔接.全世界的新兴技术正抓紧发展浪潮,瞄准教育信息化产业,研发了一大批新技术应用.这为一线教师带来了整合技术与应用的可能性^[2].科学教育工作者是教育信息化的排头兵,也无时无刻不在感受到多元化的信息技术带来的机遇与挑战,这便是教师和学习者可以参与创新教育资源建设.一般来说,创新型的教师都具备以下 3 个主要特征:创新意识、创新行动、创新素质.创新意识是指

教师具有丰富的想象力和强烈的好奇心,对新鲜事物有强烈的探究意识;创新行动是指教师具备实践创新能力,能够在教育教学的实践过程中打破常规、创造性地解决学科问题;创新素质是指拥有扎实的科学研究素养,自主自觉地对自身的专业实践进行重构.在温·哈伦编著的《以大概概念理念进行科学教育》一书中确定了科学教育的指导原则,以及 10 个科学知识中的大概概念和 4 个有关科学本身及其应用方面的大概念.所谓大概概念是指在一个学科领域中最精华、最有价值的学科内容.科学学科是认识客观世界和解释自然现象的学科^[3].自然现象具有多样性,因此它的研究方法也并不是一成不变的.教师可以采取不同的研究方法和实验仪器对科学解释进行解释和验证.科学理论模型能表达自然现象与环境变量之间的关系,因此具有认识客观世界和解释自然现象的功能.教师如果能帮助学生构建起科学模型,将有助于促进学生科学认知、科学探究能力和科学情感、态度和价值观等方面的发展,有助于提高学生的科学素养.

下文将介绍借助 Arduino 开源电子平台,探究并验证空气中的声速与温度之间的关系,建立起数学模型着力实现数据可视化,培养学生科学探究能力和实验创新精神.

上教版八年级物理(上册)教材第一章中提到了声现象,主要介绍了声波的产生和传播以及声音的特征.其中,关于声波在不同介质中的传播速度的相关知识,如“声音在 15℃ 空气中的传播速度是 340 米/秒”.若教师将其直接作为客观规律教授给

^{*} 上海市浦东新区教育科学研究课题“科学大概概念视野下的探究活动设计策略”阶段性成果,项目编号:2019B009

学生,学生便无法真正理解数据的含义,也不会知道这个数据是如何得来的. 如果教师想通过实验加以验证,常常又因为没有配套的实验设备无法进行实验,极大阻碍了学生的好奇心和求知欲.

1 DS18B20 温度传感器的工作原理及引脚说明

如图 1 所示,DS18B20 是一种数字温度传感器,它具有 3 个引脚,GND(负极接口)、DQ(数据接收口)、VCC(正极接口). 电压范围为 3.0 V 至 5.5 V,测量温度范围为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. 在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内精度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,温度传感器可编程的分辨率为 9 至 12 位,为了获得更可靠数据,可将温度传感器分辨率转换为 12 位数字格式,此时的分辨率为 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$,将延时 750 ms 后,获得环境温度数据并输出.

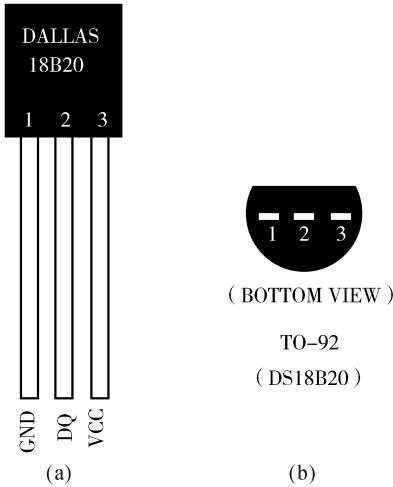


图 1 DS18B20 数字温度传感器

2 HC-SR04 超声波传感器的工作原理及引脚说明

如图 2 所示,HC-SR04 是一种超声波测距模块,可提供非接触式距离感测功能,测距范围在 2 cm~400 cm 之间,测距精度可达到 3 mm. 模块包括超声波发射器、接收器和控制电路,共有 4 个引脚,GND(负极接口)、TRIG(数据输入口)、ECHO(数据输出口)、VCC(正极接口).

超声波测距模块的基本工作原理采用 I/O 接口 TRIG 触发测距,给至少 $10\mu\text{s}$ 的高电平信号,模块自动发送 8 个 40 kHz 的方波,自动检测是否有信号返回. 若有信号返回,则通过 I/O 接口 ECHO 输出一个高电平,高电平持续的时间就是超声波从发射到返回的时间,以此来计算距离. 超声波传感器测距时,被测物体的面积不少于 0.5 m^2 ,且平面尽量

要求平整,否则影响测量的结果.



图 2 HC-SR04 超声波测距模块

3 实验数据采集及注意事项

Arduino 硬件平台本质上是一种以 AVR 系列微处理为核心的单片机开发板,具有 13 个数字 I/O 端口和 5 个模拟 I/O 端口,可以通过外接传感器实现对各类物理量的测量和数据采集,由于应用广泛、用户众多,配套或兼容的传感器和外接设备非常多,只要合理利用,完全可以实现中学科学实验所需要的各类功能. 本实验采用 Arduino UNO 板作为数据采集器. 接线方法如图 3 所示,在测试环境范围内均匀放置 4 个 DS18B20 温度传感器(T1,T2,T3,T4)监测环境温度并取温度平均值(T)以增加实验可信度.

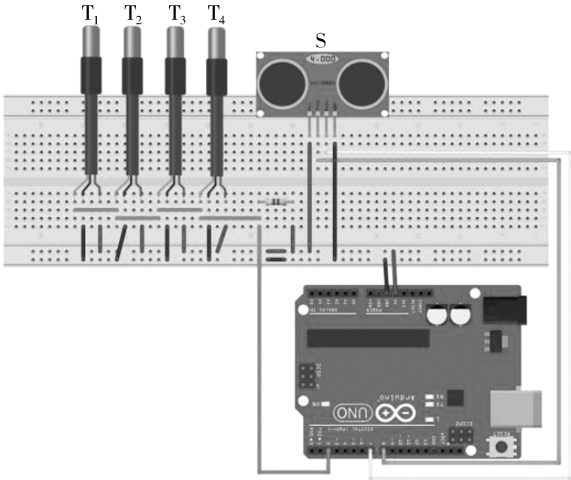


图 3 控制板接线方法

```
Serial.print(" ; T1: ");
Serial.print(T1);
Serial.print(" ; T2: ");
Serial.print(T2);
Serial.print(" ; T3: ");
Serial.print(T3);
Serial.print(" ; T4: ");
```

```
Serial.print(T4);  
Serial.print(" ; Average Temp: ");  
float AverageTemp=(T1+T2+T3+T4)/4;  
Serial.print(AverageTemp);
```

在距障碍物 60 cm 处,将控制板及 HC-SR04 超声波传感器放置在避开 4 个温度传感器的位置,放置方法如图 4 所示.为获取足够多的数据样本,可通过串口接收器连续收集 14 h 内声速与温度的数值,并生成实验日志的文本文档.将数据导入 Excel 表格后,我们人为选取具有代表性的几段数据,即环境温度每增加 0.5 ℃ 区间内的近 500 次的速度测试数据,求得平均速度 $\bar{v}$.

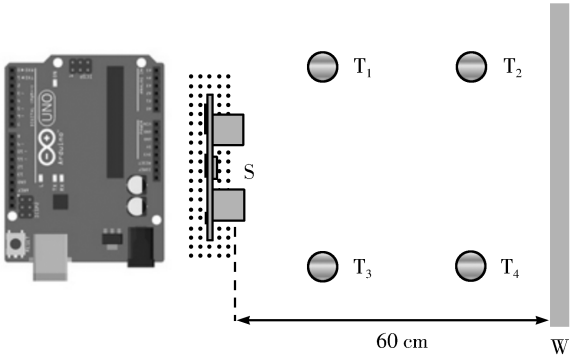


图 4 控制板和传感器放置位置

```
for (int x = 0; x < 500; x++)  
duration = duration * 0.0001;  
vel = 2 * 60 / duration;  
average = average + vel;  
average = average / 500;  
Serial.print(" ; Duration: ");  
Serial.print(duration);  
Serial.print(" ; Speed: ");  
Serial.print(average);  
Serial.println(" ; ");
```

在采集数据时,不可将超声波测距传感器放置在密封的容器内,这样会干扰距离数据的准确度.此外,不应使用取暖器快速升高温度,这样也会使数据偏差较大.在收集了平均温度的数据后,我们将数据代入的理想表达式(1)求得声速理论值 v .

$$v=v_0\sqrt{\frac{T+273.15}{T_0}}$$

(1)

其中 $T_0=273.15\text{ K}$, $v_0=331.45\text{ m/s}$.

4 实验数据处理与分析

把求得的环境温度 T 与平均声速 $\bar{v}$ 的数据导

入 Origin 软件,所得图像如图 5 所示.将 $v-\bar{v}$ 作为实验数据误差值,用函数 $y=ax+b$ 进行线性拟合并检验 R_2 值,得到 $R_2=0.994\ 32<1$,表明数据拟合优度较高.

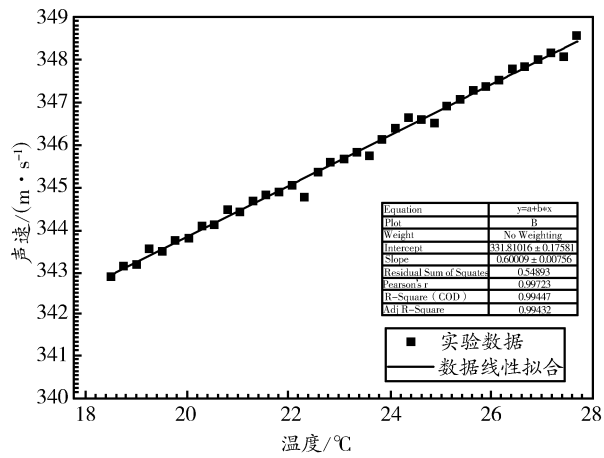


图 5 声速随温度变化的线性拟合图

根据图 5 可知,声音在空气中的传播速度基本满足 $y=0.61x+331.45$ 函数,随着温度的升高而增大,在一定范围内,温度每升高 1 ℃,声速增加约 0.61 m/s.教师可适时引导学生尝试使用粒子模型解释原因.声波的传递需要介质,在空气介质中存在着数量巨大、体积微小的气体分子,当温度升高时,气体粒子间的间隙增大,表现为体积增大,加之温度升高亦会使空气粒子运动加剧,声音的传播速度自然增大.基于事实证据构建的科学模型可以预测部分科学现象,从而可以让学生推测出环境温度为 28 ℃ 时的声速为多少,学生不难算出 $v=348.53\text{ m/s}$ 了.

运用事实证据进行描述、解释、预测和构建模型,将数学思维运用于科学探究的各个方面也是科学探究能力的表现形式.2013 年 4 月,《美国下一代的科学标准》(NGSS)发布,而 NGSS 是以《K-12 科学教育框架:实践、跨领域概念和核心概念》为蓝图编制的. NGSS 的出台不仅标志着美国新一轮科学教育改革正式拉开帷幕,而且还在世界科学教育领域掀起了关注热潮,引领了国际科学教育的研究方向.美国教育者提出了美国基础教育阶段学生在科学探究能力应有的发展目标^[4].如果将 1996 年版的《美国国家科学课程标准》与 2013 版的《下一代的科学标准》进行比较,不难发现,美国对探究能力的要求在不断提高,将科学探究能力定位在技能的综合运用上.基于《K-12 科学教育框架:实践、跨领域概念和核心概念》视域对上述实验内容进行比对,学生可以得到如表 1 所示的相关概念基础框架.

表 1 本实验在 NGSS 视域下的基础框架

科学与工程实践	跨领域概念	核心概念
建立和使用模型 科学的阐释就是将理论或者研究体系中的理论模型明确地应用到具体的情况或现象中. 用当前已有的科学知识, 或是一个具有代表性的并与现有证据相符合的模型, 来条理清晰地解释现象. 分析与解释数据 采用一系列的方法, 如制表、图释、可视化和统计分析等来找出这些数据中的显著特点及规律	运用数学与计算思维 在科学领域, 数学与计算是描述物理变量以及它们之间相关性的基本工具. 数据被广泛用于建模, 统计分析, 辨别、表达并对相互关系进行量化. 数学和计算方法能够预测物理系统性能并检验这样的预测. 此外, 统计技术对于评估规律的意义或相关性也是非常重要的	物质的结构和特征 任何类型的物质都可以被分割为很小的看不见的粒子, 但是即便如此物质仍然存在. 科学本身 科学上的解释、理论和模型都是在特定时期内与可获得的实证最为吻合的

5 结束语

身为一线教师都有以下体会, 学生都喜欢那些熟练掌握信息技术的老师, 也崇拜那些善于培养学生学习兴趣的老师. 一名能适应信息社会发展不断探索教育技术、善于合作的教师培养出的学生肯定能适应这个新时代! 声现象贴近学生日常生活, 因此声学是初中科学教学中较易被接受的科学概念之一. 教师应把握住良机, 进行一些有必要、有深度的拓展型实验探究, 避免照搬书本上的概念和实验结论. 教师应在学生知其然的基础上, 顺水推舟让学生知其所以然, 以此培养学生创造性思维和严谨的科学态度.

本文所述的实验不但很好地发挥了低成本实验器材的价值. 同时, 本实验还巧妙地运用了 Arduino

作为数据自动采集器, 避免让学生参与机械式的数据收集过程, 简化了实验步骤, 而且也能让学生在实验中体会建立数学模型的必要性, 感受实验数据的重要性.

参 考 文 献

1 姚霞. 提升学生科学探究能力的策略研究[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2017. 5

2 李琼, 裴丽. 建设高素质专业化创新型教师队伍——基于《中国教育现代化 2035》的政策解读[J]. 中国电化教育, 2020(1): 17~24

3 温·哈伦. 以大概念理念进行科学教育[M]. 韦钰, 译. 北京: 科学普及出版社, 2011. 1

4 National Research Council (NRC). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, D. C. : National Academies Press, 2011

Exploration on the Relationship between Sound Velocity and Temperature Combined with the Arduino Open-source Electronic Platform

Kang Shun

(East Pudong Model Middle School, Shanghai 201209)

Abstract: This article introduces the combination of DS18B20 temperature sensor, HC-SR04 ultrasonic sensor and Arduino open-source electronic platform to explore the relationship between sound velocity and temperature. Focus on realizing data visualization, and cultivate students’scientific inquiry ability and experimental innovation spirit.

Key words: scientific education; education modernization; experimental innovation; scientific modeling