

# DIY 气体实验定律探究仪

梁良飞 (泉州市第七中学 福建 362000)

**摘 要** DIY“气体实验定律探究仪”是基于探究鲁科版物理教材选修 3-3 第四章第一节的气体实验定律表达式而设计的实验仪器。此教具主要由可视化软件、数据采集部分、显示专区、控制部分等组成。与传统的演示仪相比,采用柔性加热片给气体加热并改进了压强、温度、体积测量方式,从而达到具有一具多用、提高实验的效率和可控性的优点,便于学生对气体实验定律的理解与掌握。

**关键词** 气体实验定律 自制教具 实验探究

**文章编号** 1002-0748(2021)3-0026

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

气体实验定律在热学中有着重要的地位,是学生理解气体基本规律的一个重要概念,也是高中物理热学部分的一个难点。为了突破这一个难点,新课标对于气体实验定律的教学要求中提出:“通过实验,了解气体实验定律。”<sup>[1]</sup> 新课程标准强调学生的主体地位与探究式学习的重要性,而传统实验采用三个实验进行气体实验定律的探究,具有准备时间长、操作困难、烫伤风险、精度低等缺点。为了解决在有限课堂时间内对气体实验定律的探究,就必须改进传统实验方式。为此,设计并制作一款能够精准、快速测量压强、体积、温度的演示仪尤为重要。

## 1 项目总体思路

### 1.1 “气体实验定律探究仪”设计思路

如何能便捷精准地测量压强、体积、温度? DIY 气体实验定律探究仪主要由可视化软件与硬件两部分组成。而硬件包括基于压强传感器、温度传感器、光栅编码器、注射器等组成的数据采集部分、数码管组成的显示专区、点触按键与单片机组成的控制部分。本实验利用三种传感器分别测量气体压强、体积和温度,并利用单片机进行计算、显示和数据对号保存。可视化软件通过无线模块获取测量数据,利用计算机进行描点、拟合,得到相应的实验结果。系统架构图如图 1 所示。

### 1.2 “气体实验定律探究仪”探究气体三大定律的原理

(1) 探究玻意耳定律实验时,关闭图 2 中的气阀 K2、K3,此时研究的气体见图 2 中灰色部分。接着使用舵机,利用杠杆原理配合光栅编码器测量活塞移动距离,利用单片机计算得出气体的体积,并测

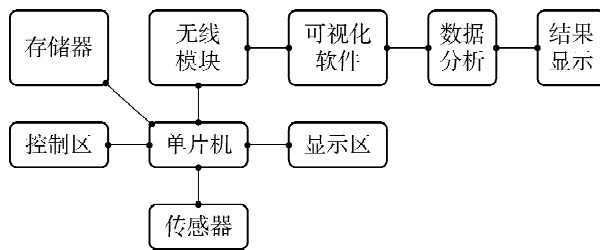


图 1 系统架构图

量对应的气体压强。

(2) 探究查理定律实验时,关闭图 3 中的 K1、K3,打开 K2,缸体 C 活塞推到顶端,此时研究的气体见图 3 中灰色部分。然后采用 PID 算法控制柔性加热片给气体缓慢加热,并测量对应的气压压强。

(3) 探究盖-吕萨克定律实验时,关闭图 4 中的 K3,打开 K1、K2,缸体 C 活塞推到顶端,加热片给气体缓慢加热,利用光栅编码器测量缸体 A 中活塞移动的距离,并利用单片机计算得出气体的体积。这个过程中水平缸体活塞缓慢移动,可近视看作是平衡状态,受力分析为  $pS = p_0S + f$  (式中  $f$  是摩擦力,  $p_0$  是大气压强),由于水平缸体内径均匀,横截面积  $S$  一定,故气体的压强保持不变。

## 2 DIY 教具所用器材及软件

### 2.1 DIY 教具所用主要器材

#### 2.1.1 传感器

本教具主要用到三个传感器:测量气体温度的温度传感器、测量气体压强的压力传感器、测量活塞行程的光栅编码器。其中温度传感器采用内嵌式直接测量管内气体的温度,相比采用传统温度计测量水的温度,大大提高测量精度;压力传感器通过管与

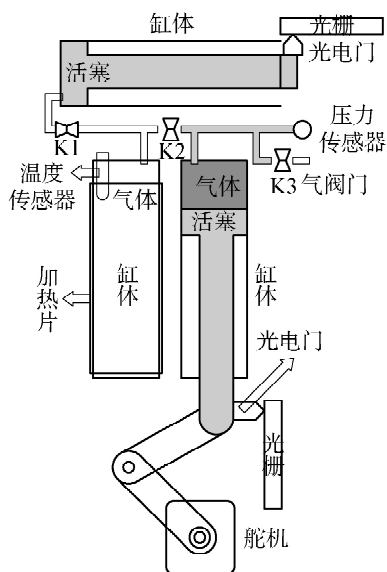


图 2 玻意耳定律实验原理图

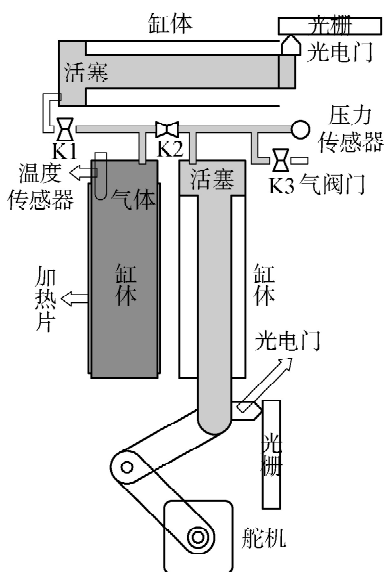


图 3 查理定律实验原理图

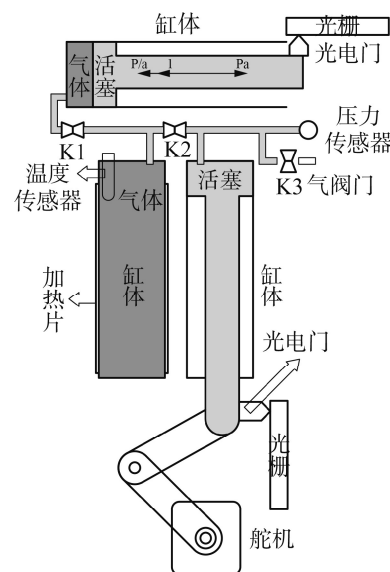


图 4 盖-吕萨克定律实验原理图

注射器相连接,用于测量管内气体的压强;而气体的体积测量是本设备的一个核心点:利用杠杆原理配合光栅编码器测量活塞移动距离,并利用单片机计算得出气体的体积。

### 2.1.2 注射器与电磁阀

本教具在制作上,采用三个注射器与电磁阀相连接,然后根据实际实验要求,通过单片机自动控制电磁阀通断,从而满足实验探究的要求。

### 2.1.3 显示区

为了让学生直观得到实验数据,本装置采用数码管作为载体。可显示  $N$ (学生的班级学号数)、 $T$ (气体温度)、 $V$ (气体体积)、 $p$ (气体压强),以及控制变量状态等。

### 2.1.4 控制区

在研究气体实验定律时,需要微量控制气体的三个状态量,控制开关采用点动按钮控制气体压强、体积、温度。

## 2.2 软件

开发气体实验定律数据处理软件是为了能节约上课时间,更快处理实验数据。该软件主要由测量数据表格专区、设备控制区、实验数据实时显示区、图线区等组成,如图 6 所示。

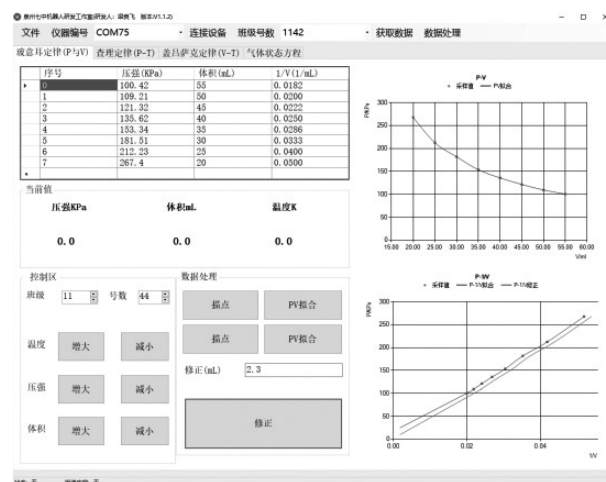


图 6 软件界面

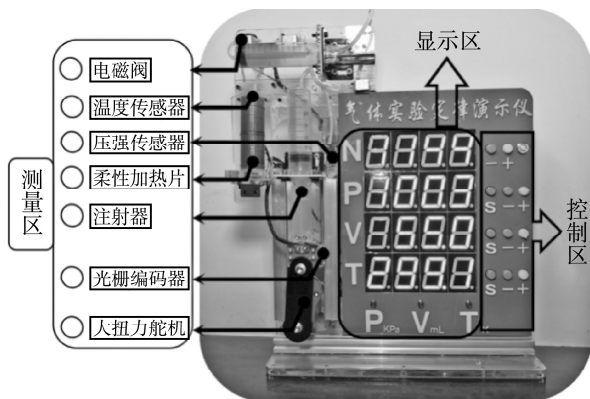


图 5 装置面板

## 3 实验步骤

### 3.1 探究玻意耳定律 $pV = C$

在面板的控制区设置参数(班级与号数)→设置温度为特定值→按下保存按钮保存当前值(压强、体积、温度)→改变体积为 50 ml→按下保存按钮保存当前值(压强、体积、温度)→重复步骤(改变体积为 45 ml、40 ml、35 ml、30 ml、25 ml、20 ml)。

### 3.2 查理定律 $p/T=C$

在面板的控制区设置参数(班级与号数)→设置体积为特定值→按下保存按钮保存当前值(压强、体积、温度)→缓慢升温→按下保存按钮保存当前值(压强、体积、温度)→重复步骤(缓慢升温)。

### 3.3 探究盖-吕萨克定律 $V/T=C$

在面板的控制区设置参数(班级与学号数)→设置压强为特定值→按下保存按钮保存当前值(压强、体积、温度)→缓慢升温→按下保存按钮保存当前值(压强、体积、温度)→重复步骤(缓慢升温)。

通过上面 3 个步骤,学生可以根据显示的数据进行数据记录,系统也会保存实验数据。重复以上步骤,可以让班里每个学生都做实验,最终满足全班学生做实验的需要。

## 4 实验数据记录与分析

利用控制变量法探究气体三个物理量之间的关系,可通过气体实验定律装置探究盖-吕萨克定律、查理定律、玻意耳实验。该装置可分别记录班里每个学生的实验数据,并可根据记录的数据进行分析,另一方面也可以通过自己开发的数据分析软件进行分析处理,即:启动软件,通过蓝牙模块连接设备,获取已完成实验的学生号数(设备内部已经存储)。

### 4.1 探究玻意耳定律 $pV=C$

譬如,可获取某位学生的数据,即得到温度设定为 298 K 时,压强、体积、体积的倒数的实验数据:实验结果记录如表 1 所示。

表 1 温度一定时,压强与体积的关系

序号	压强(kPa)	体积(ml)	$1/V(1/ml)$	温度(K)
0	100.42	55	0.018 2	298
1	109.21	50	0.020 0	298
2	121.32	45	0.022 2	298
3	135.62	40	0.025 0	298
4	153.34	35	0.028 6	298
5	181.51	30	0.033 3	298
6	212.23	25	0.040 0	298
7	267.40	20	0.050 0	298

对压强与体积作出  $p-V$  图与  $p-1/V$  图,见图 7 与图 8 所示,其中可以得到:在误差允许范围内,温度一定时,一定质量的理想气体,气体的压强与体积成反比。

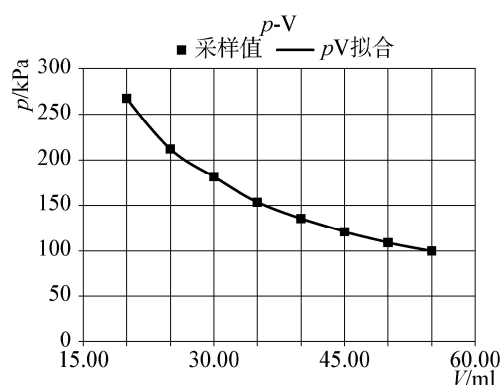


图 7  $p-V$  图

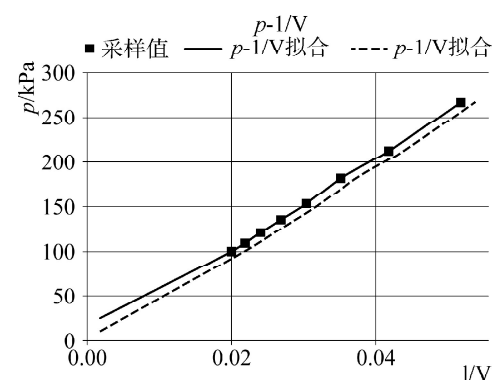


图 8  $p-1/V$  图

### 4.2 探究查理定律 $p/T=C$

同样,在获取了该位学生的数据后,可以得到体积设定为 50 ml 时,压强和温度的实验数据:实验结果记录如表 2 所示。

表 2 体积一定时,压强与温度的关系

序号	压强(kPa)	体积(ml)	温度(K)
1	93.46	50	293.99
2	94.85	50	299.56
3	96.24	50	303.23
4	97.46	50	308.59
5	99.01	50	313.77
6	100.34	50	318.31
7	101.83	50	324.04
8	103.51	50	328.77

对压强与温度作出  $p-T$  图与  $p-t$  图,见图 9 和图 10 所示,其中可以得到:在误差允许范围内,体积一定时,一定质量的理想气体,气体的压强与温度成正比。

### 4.3 探究盖-吕萨克定律 $V/T=C$

同样方法也可以获取以上该学生在设定体积参数为 107 kPa 时,压强和温度的实验数据:实验结果记录如表 3 所示。

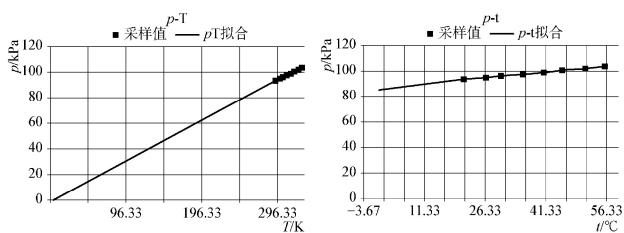
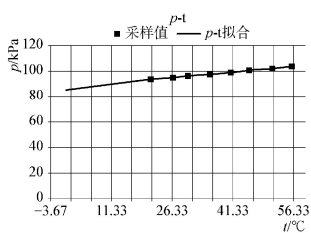
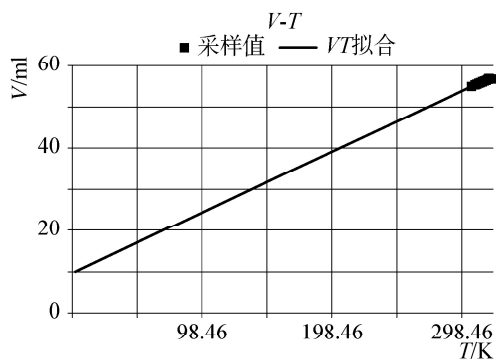
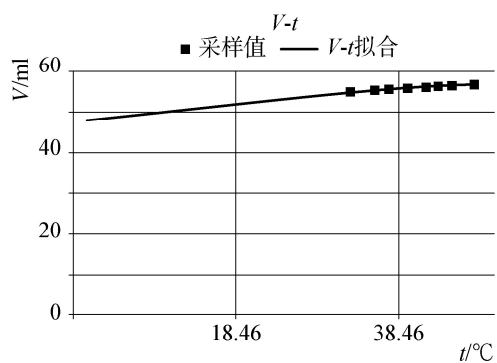
图 9  $p-T$  图图 10  $p-t$  图

表 3 压强一定时, 体积与温度的关系

序号	压强(kPa)	体积(ml)	温度(K)
1	107	55.00	305.50
2	107	55.45	308.56
3	107	55.68	310.23
4	107	55.91	312.59
5	107	56.13	314.77
6	107	56.34	316.31
7	107	56.58	318.04
8	107	58.81	320.77

对压强与温度作出  $V-T$  图与  $V-t$  图, 见图 11 和图 12 所示, 其中可以得到: 在误差允许范围内, 压强一定时, 一定质量的理想气体, 气体的体积与温度成正比。

图 11  $V-T$  图图 12  $V-t$  图

## 5 实验注意事项

(1) 在探究压强与体积关系时, 体积需要缓慢改变, 而且变化后需要等一会才能记录并保存系统实验数据, 因为这个过程体积减小, 温度会变化。

(2) 在探究温度与体积关系时, 要保证所研究气体压强不变, 但是实际要让活塞移动, 必须满足压强增加, 然后才能推动活塞移动, 这个过程通过单片机的 PID 算法控制气体缓慢升温, 从而达到活塞缓慢移动, 这个过程近视看成平衡态, 所以每要测量一个实验数据必须等待一会才能保存实验数据。

(3) 实验前务必按照要求输入学生班级与学号, 这样系统才会记录对应的实验数据, 否则可能会出现某个学生的实验数据被覆盖的情况。

## 6 教具的创新之处

与课本采用的传统实验相比, 该“气体实验定律探究仪”有以下创新之处:

(1) 本实验采用高精度数字式气压传感器, 体积小、精度高、测量方便。

(2) 采用内嵌式高精度数字式温度传感器直接测量气体的实际温度, 结果更为准确。

(3) 通过单片机的 PID 算法精准控制柔性加热片给研究的气体加热, 提高实验的效率和可控性。

(4) 采用舵机, 利用杠杆原理配合高精度光栅编码器测量活塞移动的距离, 并利用单片机计算、显示气体的体积, 相比传统边拉边读数方法, 具有操作方便、精度高的特点。

(5) 利用数码管直观显示压强、体积和温度, 此外还配备 16 M 的存储空间, 可以存储 500 个学生离线做实验的数据。利用软件通过无线与硬件通信, 可随时获取某个学生的测量数据并进行分析。

(6) 本实验器材具有一具多用特点, 可探究气体压强与体积、压强与温度、体积与温度实验; 还可以探究三个量都变化的气体循环过程, 相比传统实验装置节省了大量准备时间和做实验的时间。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018: 43—33.
- [2] 颜利平, 张洪明. 创新高中物理演示实验功能与策略[J]. 中学物理, 2015: 33.
- [3] 刘海. 高中物理模型构建教学的理论与实践研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2008.