

定量探究气体等容变化的实验技巧

吴亚梅 应兆良

(浙江省衢州第二中学 浙江 衢州 324000)

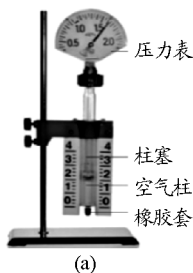
(收稿日期:2023-05-31)

摘要:通过对传统实验装置进行改进,将温度和压强传感器插入玻璃瓶中直接测量,改升温过程测量为降温过程测量,利用软件采集数据描点拟合,提高了精确度,节省了时间。

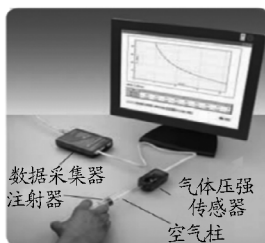
关键词:查理定律;制作技巧;降温

1 教材分析

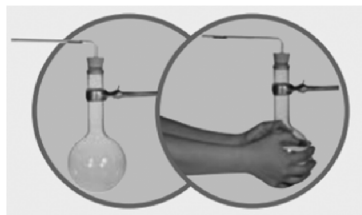
2019年人教版高中物理选择性必修第三册第二章的第2、3节中,分别研究了气体的等温变化、等压变化、等容变化规律.教材总体以“实验→规律→微观解释”为线索展开,使学生第一次认识到大量气体的行为遵从一定的统计规律,为学生联系微观世界和宏观世界提供了基础^[1-2].



(a)



(b)



(c)

图1 教材中探究气体等温、等压变化的实验装置

2 传统装置弊端

很多传统自制装置均存在不同程度的缺陷.如图2将烧瓶放在水槽中,用水浴法逐渐加入热水改变气体温度,温度计测量水温代表气体温度,右侧U型管两端水银高度差计算得到气体压强.由于热传导需要时间,温度计测的水温不能准确代表气体的实际温度;计算压强麻烦且误差大;若改为学生实验,添加热水过程安全隐患较大.同时数据处理也较为繁琐.

有些改进装置利用针筒和温度传感器,如图3

教材中,气体等温变化规律通过图1(a)装置进行定量研究,也建议用图1(b)所示传感器更精确方便地研究,气体等压变化规律通过图1(c)所示实验定性研究.但等容变化规律却缺少实验支持,仅通过一句“查理在分析了实验事实后发现……”,简单介绍后直接给出了定律.气体看不见摸不着,学生初次研究其规律,缺乏探究,被动接受不容易理解.因此,进行定量实验研究很有必要.

所示.传感器方便了处理数据,但同样没有插入针筒内直接测量气体的温度,存在测量误差.温度升高过程中气体膨胀,针筒内的橡皮塞极易移动导致气体体积增大,实验误差很大.

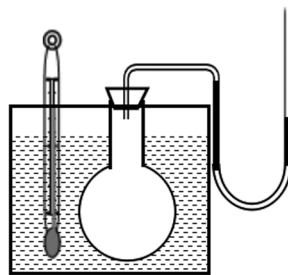


图2 传统水浴法

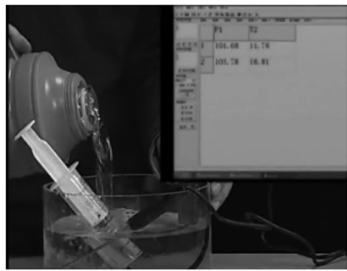


图3 用温度传感器采集数据

针对上述问题,笔者进行了新的设计,弥补传统实验的不足,取得了非常满意的效果,有利于普及和推广.

3 改进装置

3.1 制作技巧

装置主要由烧杯、小烧瓶(50 mL)、压强与温度传感器(图4)、计算机、铁架台组成,采用水浴法改变烧瓶内气体的温度.

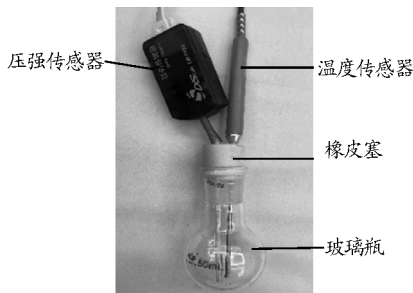


图4 改进后的装置

此实验成功的秘诀在于教具制作的细节,小烧瓶漏气或测量时受外界干扰,都容易产生很大误差,经反复调试,发现技巧如下:

(1) 玻璃瓶. 体积不要太大,器壁尽量薄. 体积和厚度都会影响热传导,导致瓶内不同部位温度不同,测量值与稳定值产生很大偏差.

(2) 橡皮塞. 尺寸合适,安装一定紧致且密闭性好,确保气体的体积和质量不变.

(3) 温度传感器. 通过橡皮塞将金属杆全部插入烧瓶内,避免部分裸露空气中造成系统误差.

(4) 压强传感器. 与插入瓶内的细玻璃管直接连接(注意连接处不用橡皮管,避免气体经管道进入传感器时受大气温度的影响),数据直接通过传感器记录,减少偶然误差.

(5) 安装. 两传感器用铁架台固定好,避免实验过程中的扰动对传感器接口的连接线产生干扰影响(图5).

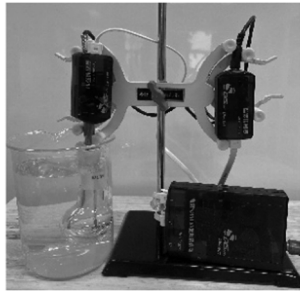


图5 安装好的装置

3.2 操作技巧

(1) 温度不高、压强不大时进行测量误差较小. 气体实验定律是在温度不太低(相对于室温),压强不太大(相对于大气压)的条件下通过实验总结出来的. 当压强很大、温度很低时,上述规律计算结果和实际测量结果有很大的差别.

笔者大量实验发现,压强为标准大气压附近,温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下测量,误差较小.

(2) 降温过程测量误差较小

事先利用水浴加热,使气体温度到达 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,将小烧瓶从水中取出,静置于空气中,逐渐降温并采集数据.

由于气体受热升温过程,吸收能量,分子运动加快,分子碰撞剧烈,引起容器内温度分布不同,从而导致气体内部压强不一致,使压强测量存在一定的误差. 并且当气体压强变化较大时,传感器测量存在滞后性,也可能导致误差产生. 而降温过程气体释放能量,变被动为主动,容器内温度和压强的变化相对更为稳定,故测量误差较小.

根据实验数据(表1)画出图像(图6),计算机拟合显示的函数关系为 $p=0.334\ 3t+91.649$,当 $p=0$ 时, $t=-274.15\text{ }^{\circ}\text{C}$,即当压强为零时,气体温度为 $-274.15\text{ }^{\circ}\text{C}$,与绝对零度的误差仅仅 0.003% ,与教材中的图线(图7)非常接近.

表1 气体降温过程实验测量数据

实验次数	$t/\text{ }^{\circ}\text{C}$	p/kPa
1	39	104.7
2	38	104.4
3	37	104.0
4	36	103.6
5	35	103.3
6	34	103.1

(下转第128页)

5 展望

高考试题研究不仅限于应用 SOLO 分类理论的研究,也可以应用其他学习认知理论,还可以从某一视角对高考物理试题进行精准分析,这样都有助于一线教师准确把握高考动向,为科学的教学计划的制定提供参考。

参考文献

[1] 教育部考试中心. 中国高考评价体系[M]. 北京:人民教育出版社,2019.

[2] 教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[M]. 北京:人民教育出版社,2019.

[3] 潘陈玉洁. 基于 SOLO 分类理论的全国卷高考物理试题内容维度考查特点探索研究[D]. 重庆:西南大学,2022.

[4] 赵波,王晶莹. 基于 SOLO 分类理论的物理高考试题学科能力测查研究——以 2019 年全国新课标 III 卷为例[J]. 中学物理,2021,39(21):10-14.

[5] 邹佳辰,李兴华,孙永茂. 基于 SOLO 分类理论的高考物理试题分析[J]. 物理通报,2016(12):116-118,120.

Analysis and Study on College Entrance Examination Physics Test Questions from the Perspective of SOLO Classification Theory

—Taking the Physics Test Questions of the 2023 National College Entrance Examination's Comprehensive Science and Technology Test as an Example

ZOU Jiachen

(Jiangxi Yifeng Middle School, Yichun, Jiangxi 336300)

Abstract: This study applied the SOLO theory and the college entrance examination evaluation system to analyze the three sets of national test paper of the 2023 college entrance examination. It is found that the two knowledge modules of mechanics and electromagnetism are examined more frequently in the three sets of physics examination papers, and most of the questions are at the Multistructure level and the Relational level.

Key words: SOLO theory; College entrance examination physics test; College entrance examination evaluation system; Knowledge and ability

(上接第 115 页)

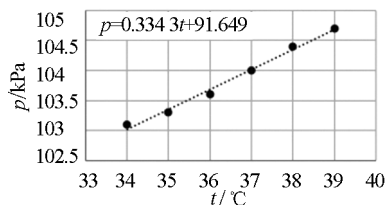


图 6 数据拟合

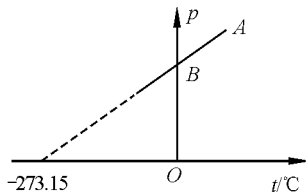


图 7 等容变化的 $p-t$ 图像

析,验证了理想气体的等容变化,与理论曲线相比,误差非常小,证明了该实验装置的可行性。

有条件的学校可制作多套装置,作为课堂内学生探究实验. 指导学生通过绘制 $p-t$ 图像,从图线的 A 指向 B 方向的延长线与横轴交点得到横轴截距,如图 7 所示,从而得出气体压强为零时的温度,有助于理解绝对零度和热力学温标的物理意义。

与以往的相关实验相比,本实验装置设计简单,测量精度高、实用性强、便于操作、安全性能好,可很好地将学生所学知识与物理学结合起来,有效地培养了学生的创新思维和动手能力。

参考文献

[1] 梁良飞. DIY 气体实验定律探究仪[J]. 物理教学, 2021(3):26-29.

[2] 冉晓红. 查理定律实验的改进[J]. 物理实验,2008, 28(8):27-28.

4 经验总结

自制实验装置采用数字化测量方法获得实验数据,对等容条件下的气体压强与温度关系进行了分