

重视实验误差 引领深度学习

江敏丽

(华南师范大学附属惠阳学校 广东 惠州 516211)

(收稿日期:2021-06-08)

摘要:物理是一门以实验为基础的学科,但受实验仪器、时间和空间的限制,学生常常机械生硬完成实验操作,缺乏对实验结果的思考和分析,没有进一步完成误差分析,无法深入理解实验的原理.文章以“研究气体压强与体积的关系”为例,结合 DISLab 实验操作简单、高效处理实验数据的优点,引导学生分析实验误差来源,思考实验改进方法并实践,引领学生深度学习.

关键词:DISLab 实验 误差分析 深度学习

1 引言

2017年出版的《高中物理课程标准》指出要培养学生物理科学思维,要求学生能基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力和品格^[1].物理实验教学中发现,学生常常仓促完成实验,忽略误差分析,草率得出实验结论.在实验课中机械训练和简单记结论属于浅层学习,无法培养学生的科学思维能力.

所谓误差就是实验测量值与真实值的差异,任何实验都存在误差.本文从物理实验的误差角度,以“研究气体压强与体积的关系”为例,引导学生对实

验所得的结果提出质疑,分析误差的来源,提出减小误差的方法并实践,逐层递进,引领学生深度学习,培养学生的科学思维能力.

2 归纳梳理 整合知识

在高中物理实验教学中,学生的误差分析能力比较薄弱,一方面是思维没有达到相应的水平,另一方面是基础知识比较零散,没有形成系统.学生要想深度学习,首先要信息整合,让学生能主动进行对比分析,整合新知识.

表1是归纳梳理的实验误差基础知识,帮助学生了解高中实验误差及常用的误差分析方法有全面的了解.

表1 高中物理实验误差及常用的误差分析方法

误差	偶然误差	由于各种偶然因素对实验者和实验仪器的影响而产生.
	系统误差	理论误差:实验原理不够完善
		仪器误差:实验仪器不够精准
	环境误差:实验环境不够理想	
分析误差的方法	平均值法	通过多次测量取平均值来减小误差
	函数解析法	通过实验原理表达式变形或移项来分析误差来源
	等效法	利用等效思想,分析测量等效结果与真实值之间的误差
	图像描点法	通过描点作图,舍弃偏离图像较远的,即误差较大的点

3 任务驱动 同伴学习

学生在进入实验室的时候常常因为漫无目的而

不知所措导致浪费动手实践的时间,教师讲述完实验原理及相关注意事项,应该设置具体的实验任务,激励同伴之间合作学习,引导学生经历实验,发现探

索问题促进深度学习.以“研究气体压强与体积的关系”为例,如图1所示,分解任务,理解实验原理.



图1 “研究气体压强与体积的关系”学习任务

4 质疑批判 修正误差

“研究气体压强与体积的关系”DISLab实验装置如图2所示,学生在操作时容易出现如下几点人为误差:

- (1)读数时,眼睛没有平视刻度;
- (2)实验操作前没有涂甘油,无法保证气密性;
- (3)过快推动活塞且用手捂着注射器,无法保证气体等温变化.



图2 “研究气体压强与体积的关系”实验装置

这些实验操作细节,需要教师在实验课堂上不

断巡视,发现问题,提醒学生注意人为操作误差,规范操作.

通过计算机采集数据,绘出压强与体积的关系 $p - \frac{1}{V}$ 图像,如图3所示.分析图像可知,等温情况下一定质量气体压强与体积倒数的关系图像为一次函数关系

$$y = 1\,898.197\,8x + 6.813\,51$$

与玻意耳定律中的正比关系不符,引起学生认知冲突.教师可以鼓励学生大胆质疑,小心求证,并启发学生利用已掌握的误差分析方法探究误差来源,引发学生结合实际问题的深度思考,促进深度学习. $p - \frac{1}{V}$ 图为什么不是正比例函数关系? 是否是因为没有考虑数据采集器和注射器之间的连管体积,导致图中出现截距? 连管体积该如何测量呢? 学生对已有实验操作进行“评价交流”,形成深度反思,使思维深刻化.

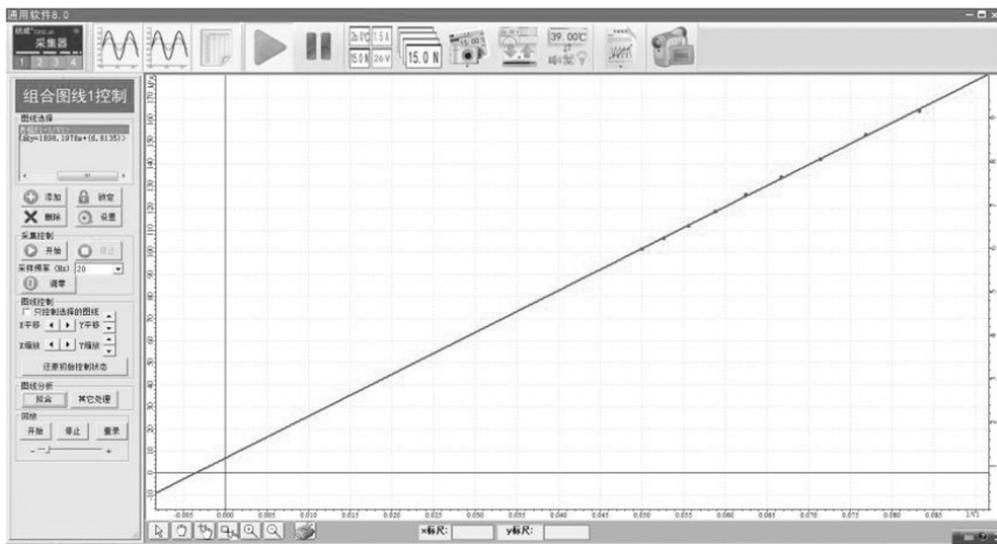


图3 $p - \frac{1}{V}$ 图

在教师引导下,一共提出如表2所示4种实验方法来减少连管体积引起的误差,使得实验结果更趋近于实验规律.

表2 减少引起边管体积误差的4种实验方法

减小实验误差方法	具体操作	$p - \frac{1}{V}$ 关系式
估测连管体积	借助游标卡尺测量连管内径: $D=4.0\text{ mm}$,连管长度有部分无法准确测量,因此估测管长为 $L=55.0\text{ mm}$,计算可得连管体积为: $V_{\text{连}}=0.69\text{ cm}^3$,将估测体积输入DISLab实验系统“通用软件”进行数据处理	$y=2\ 073.651\ 1x+1.355\ 6$
理论推导连管体积	根据气体实验定律 $pV=C$,变形可得 $V_{\text{注}}=\frac{C}{p}-V_{\text{连}}$ 利用DISLab实验“通用软件”,做出图像,图像截距即为连管体积 $V_{\text{连}}=0.678\ 3\text{ cm}^3$.将所得体积输入DISLab实验系统“通用软件”进行数据处理	$y=2\ 070.866\ 0x+1.388\ 5$
补偿法消除连管体积	在注射器活塞上贴一块和连管相同体积的橡皮泥,这样补偿了连管体积后,只需重复实验步骤即可	$y=1\ 977.552\ 7x+3.407\ 8$
扩大注射器量程	更换更大量程(100 mL)的注射器进行实验,使得实验测量数据分布更广,以减弱连管体积所带来的影响,减小误差	$y=9\ 668.609\ 4x+3.856\ 4$

通过上述4种误差分析方法探究发现,无论哪种方法,均有效减小了连管体积带来的误差,其中估测法和理论法修正连管体积的图像截距更小,更接近原点.

5 举一反三 能力迁移

迁移应用是检验学生学习效果的最佳方式,是深度学习的核心追求.经历以上实验探究过程,学生提高了误差分析能力,实践了误差修正方法并深刻理解波意耳定律的物理意义.如果此时教师再找出类似误差处理分析的案例对比,帮助学生整理和归纳,那么学生的能力更能有效迁移.

例如“探究物体加速度与力、质量的关系”实验中,为什么得到的实验图像不过原点?为什么图像会弯曲?为什么图像延长线与 x 轴或 y 轴有交点?又如在“测量电源电动势和内阻”的实验中,不同的接法所引起的误差该如何判断?

关于实验误差问题,应遵循这样的原则:在实验设计时,应从原理、方法、测量和操作过程方面尽量减小实验误差;而在误差分析计算过程中,应尽量全面考虑各误差因素,不要遗漏主要因素,从而使实验

结果数据更加可靠.

高中物理对误差分析的要求并不高,但是实验操作限制以及实验误差知识零散,使得学生无法进一步深度学习.教师应该深度引导,注重探究过程和科学方法的渗透,鼓励学生在实验过程中不断地发现问题,解决问题,保持质疑精神,推敲实验过程和结果的正确性,多角度分析误差产生的原因和实验的改进方案.这样才能举一反三,能够帮助学生在每个实验中自主探究,积极进行误差分析,不仅仅深度掌握物理的规律,更关键实现学生发展,这才是深度学习的最终目的.

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[S].北京:人民教育出版社,2018.4
- 2 顾培琳.DIS实验在高中物理教学中的优化应用及有效性研究[D].上海:上海师范大学,2012
- 3 蔡钢.气体的压强与体积的关系[J].现代教学,2006(2):106~110
- 4 徐军.高中物理DIS实验误差的教学与研究初探[J].物理通报,2013(6):76~79
- 5 崔卫国.用DIS系统验证玻意耳定律实验的误差分析[J].物理实验,2008(9):19~20

Focusing on Experimental Error and Leading Deep Learning

Jiang Minli

(Huiyang School Affiliated to South China Normal University, Huizhou, Guangdong 516211)

Abstract: Physics Is An Experiment-Based Discipline, But Restricted By Experimental Instruments, Time And Space, Students Often Mechanically Complete Experimental Operations, Lack Of Thinking And Analysis Of Experimental Results, Do Not Further Complete Error Analysis, Unable To Deeply Understand The Principle Of The Experiment. Taking "Research On The Relationship Between Gas Pressure And Volume" As An Example, Combined With The Advantages Of Simple Operation And Efficient Processing Of Experimental Data Of Dislab Experiment, This Paper Guides Students To Analyze The Source Of Experimental Error, Think About Experimental Improvement Methods And Practice, And Lead Students To In-Depth Learning.

Key words: dislab experiment; error analysis; deep learning

(上接第 127 页)

续表 1

影响因素		声音特点	频谱音高分布	实验结论
单位 时间 水流量	小水流	响度较小,主体频率比较清晰	700 Hz~2.2 kHz,分布比较零散	单位时间水流量对声音特性有显著影响:流量越大,声音频率越高,声音响度越大,且频率较小的声音响度随着流量的增大而减小
	中水流	响度增大,更为嘈杂,主体频率较为模糊	1.1 kHz~2.2 kHz, 集中于 1.6 kHz~2.2 kHz	
	大水流	响度明显增大,多种主体频率,主体频率增大	2 kHz~2.3 kHz,且音高分布相当集中	
	满水	频率较高,而频率较低的声音响度很小,频率极低的声音被屏蔽起来	1.6 kHz~2.5 kHz, 集中于 2 kHz~2.3 kHz	

参考文献

- 高孙浩,陈晨,李昕森,等.瓶子注水过程中空气柱振动发声的频率特性研究[J].高师理科学刊,2020,40(10):31~34
- 李佳音,王巍,钟鸣,等.瓶中灌水时奇特发声的系列研究[J].物理教师,2020,41(9):53~56
- 兰鑫,赵芸赫,李彦彤,等.填充水瓶过程中声音信号的含时变化的研究[J].物理实验,2020,40(1):42~47
- 张怀华.缩口容器注水过程中发声频率变化规律的探究[J].湖南中学物理,2019,34(9):97~98
- 张舜尧.探究影响陶笛吹奏发音频率的因素[J].湖南中学物理,2018,33(8):94~95
- 戴诗琪,林美好,邓欣,等.盛水玻璃杯共振频率的研究[J].物理通报,2018(5):46~49,56
- 赵兴华,何其荣.利用音频 APP 演示声音特性的物理创新实验[J].课程教学研究,2017(4):78~80
- 从岩,都萃丽.巧用废旧材料探究声音特性[J].物理教学探讨,2016,34(11):54,56
- 李玉峰.基于智能手机的啤酒瓶发声现象探究[J].物理教学探讨,2014,32(6):54~55
- 梁法库,吴建波,孟庆伟,等.气体火焰驻波演示实验的理论分析[J].物理实验,2007(10):40~41,46
- 白振宇.初中物理新声学实验的数字化改进及启示[J].教学仪器与实验,2005(8):10~12
- 李伟民.保温瓶中灌水声音会变吗? [J].物理教学探讨,2004(14):7
- 刘义春.空气柱振动发声的理论探析[J].许昌师专学报,2000,19(5):94~96
- A. P. French. In *Vino Veritas: A study of wineglass acoustics*[J]. *American Journal of Physics*,1983,51(8)