

# 基于实验探究核心素养的创新实验设计

——以“利用 DISlab 验证正弦交流电电流有效值的教学”为例

党强强

(江苏省前黄高级中学 江苏 常州 213161)

(收稿日期:2018-10-18)

**摘要:**物理学科立志于培养学生的综合素养,实验教学是高中物理教学环节中重要的组成部分.创新实验通过最合理的实验设计、最新的实验器材、最严谨的实验过程等给学生创造最高效的学习环境,极大地提升学生的学习积极性、培养学生的创新思维和实验能力,进而提升教师的课堂教学效率.

**关键词:**核心素养 实验探究 创新实验 交变电流有效值

物理学科核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力,是学生通过物理学习内化的带有物理学科特性的品质,是学生科学素养的关键成分.实验探究是物理核心素养的重要组成部分,而教师的创新实验是实现该内容必不可少的环节,创新实验能在传授知识和培养能力之间搭建最高效的桥梁.

本文以“利用 DISlab 验证正弦交流电电流有效值的教学”为例,通过设计创新实验验证了正弦交流电最大值与有效值的关系,实验结论真实可靠,实验过程培养了学生的研究意识、设计实验探究方案和获取证据的能力、分析论证的能力及合作与交流的意愿与能力.

## 1 实验设计背景

人教版《物理·选修3-2》学生用书中,正弦交流电有效值与最大值的关系是中学物理教学中的难点,教材将两者之间的关系直接告知学生,缺少相关的理论推导和实验验证.人教版《物理·选修3-2》教师用书是根据热效应相同得到正弦交流电最大值和直流电的电流大小关系,实验看似简单,实际操作难度较大,可重复性较低.

鉴于以上原因,笔者创新设计了一个简单易理

解的实验对上述结论给予阐述.笔者从实验准备、实验器材、实验原理、实验电路图、实验报告、实验数据记录、实验数据处理、实验结论、实验误差分析等几个方面展开实验设计方案.

## 2 实验教学目标

(1) 通过 DISlab 实验定性、定量地验证正弦交流电最大值与有效值之间的关系

$$U_{\text{有效值}} = \frac{U_{\text{最大值}}}{\sqrt{2}}$$

(2) 知道如何使用电流传感器、光强度传感器,明白如何得出交变电流数值的原理及方法.

## 3 实验设计方案

### 3.1 实验准备

(1) 阅读电流、光强度传感器的使用方法,学会调节并输出相应值;

(2) 根据实验原理选择合适的实验仪器,并对实验仪器进行简单的处理;

(3) 连接电路,对测量数据进行预估.

### 3.2 实验器材

学生电源、开关、导线若干、滑动变阻器、电流传感器、光强度传感器、灯泡、内部涂黑(排除反射光的

影响)的密闭盒子.如图1和图2所示.

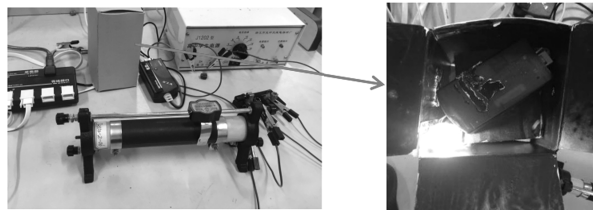


图1 实验器材

图2 内部涂黑的密闭盒子

辅助器材:笔记本电脑.

### 3.3 实验原理

(1) 分别利用正弦交流电和直流电给灯泡通电,当灯泡发光强度相同时,比较正弦交流电电流最大值与直流电电流的关系.

(2) 通过不同光强下正弦交流电所得数据,利用热效应及微元积分思想得电流有效值,比较正弦交流电电流最大值与直流电电流的关系.

### 3.4 实验电路图

实验电路示意图及其实物图如图3和图4所示.

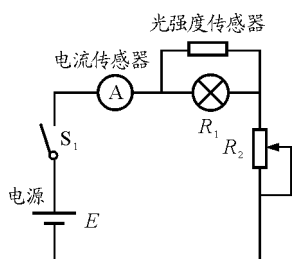


图3 实验电路示意图

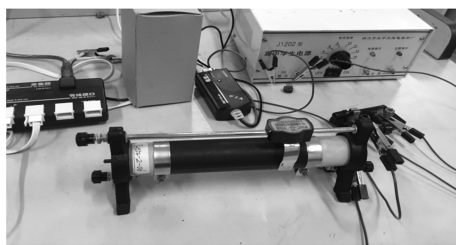


图4 实验电路实物图

### 3.5 实验报告

(1) 按照设计连接电路,将电流传感器连接至学生电源的交流档位,将传感器的采集频率调节为1 000 Hz,通过5次调节滑动变阻器改变灯泡的电流,通过光强度传感器记录光强,每次输出数据1 000组(采样间隔0.001s,每种光照强度值采集2 000组数据).

(2) 将电流传感器连接至学生电源的直流档位,通过调节滑动变阻器改变灯泡的电流,使光照强度传感器数值与步骤(1)分别相同,每次输出数据

1 000组,共5次.

(3) 比较光照强度相同的情况下直流电和正弦交流电峰值,利用直流电求解得出直流电压值,(根据电流热效应,利用微元的方法求出电流有效值)将数据完整记录并用Excel表格进行处理.

### 3.6 实验数据记录及处理(定性)

将灯泡接入正弦交流电,输出如图5所示的正弦波形,根据电流传感器的原理知该波形由很多的数据点(如图6)拟合曲线得到,每一个点代表该时间点下的交变电流的值(如表1).因此,根据步骤(1)设置的条件输出2 000组数据,利用Excel表格排序选择正弦交变电流的最大值.得出不同光照强度下5组正弦交变电流的最大值.

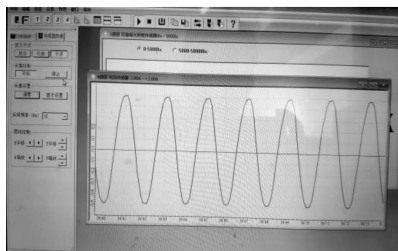


图5 灯泡接正弦交流电输出的波形

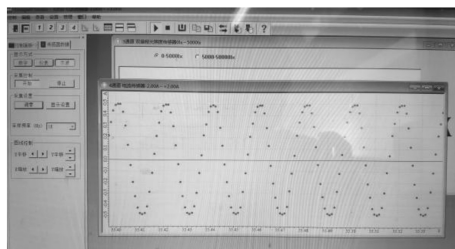


图6 图5波形的数据点

表1 数据记录

计算表格数据			
数据点	光照强度 /lx	$I/A$	$t/s$
1	43	-0.25	0
2	43	-0.33	0.001
3	43	-0.38	0.002
4	43	-0.39	0.003
5	43	-0.36	0.004
6	43	-0.3	0.005
7	43	-0.2	0.006
8	43	-0.07	0.007
9	43	0.05	0.008
10	43	0.17	0.009

灯泡接入正弦交流电,在光照强度为 45 lx 时,最大电流值为 0.28 A,如图 7 所示.



图 7 光照强度为 45 lx 时,电流的最大值

根据步骤(2)得出相应光照强度下直流电的电流值 5 组,具体汇总数据,如表 2 所示.

表 2 5 组电流最大值数据汇总

光照强度 /lx	交流电最大值 $I_m/A$	直流电最大值 $I/A$
62	0.41	0.30
201	0.46	0.34
428	0.51	0.38
775	0.56	0.41
1 144	0.60	0.44

原理:使相同灯泡发出光强相等时,比较交流电最大电流值和直流电电流值

根据表 2 数据,利用 Excel 进行数据拟合处理,最终发现正弦交流电电流的最大值与有效值的比值约为 0.729 6,直线拟合匹配度达 0.997 3,如图 8 所示.

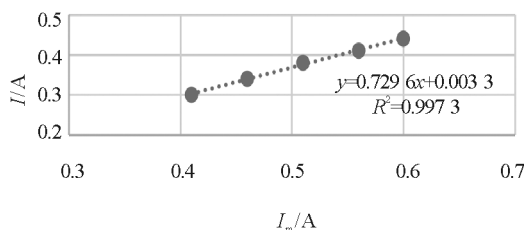


图 8 表 2 数据拟合图线

### 3.7 实验数据记录及处理(定量)

根据步骤(1)输出 2 000 组数据,每个数据时间间隔为 0.001 s,将输出数据利用微元方法(0.001 s 内的电流值近似为恒定电流),取  $R = 1 \Omega$ ,得到 2 s 内正弦交变电流产生的总热量.然后,根据热效应得出通直流电时在 2 s 内产生该热量的直流电电流值,具体数据输出如表 3 所示.

表 3 产生相同热量时,交流电与直流电电流值对比

次数	数量	$R/\Omega$	$t/s$	$Q/J$	$I_m/A$	$I/A$	$\frac{I}{I_m}$	光照强度 /lx
1	2 000	1	2	0.177 847 2	0.41	0.298 200 604	0.727 318 545	62
2	2 000	1	2	0.231 565 8	0.46	0.340 268 864	0.739 714 922	201
3	2 000	1	2	0.280 124 3	0.51	0.374 248 781	0.733 821 139	428
4	2 000	1	2	0.332 751 4	0.56	0.407 891 775	0.728 378 169	775
5	2 000	1	2	0.377 464 4	0.60	0.434 433 194	0.724 055 323	1 144

附:电阻默认为  $1 \Omega$ ;采样频率为 1 000 Hz;数据点输出 2 000

根据表 3 数据,拟合的图线如图 9 所示.

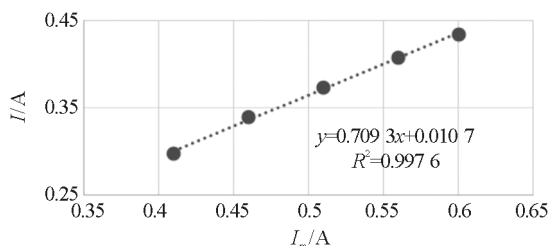


图 9 表 3 数据拟合图线

### 3.8 其他情况分析

笔者通过改变光强传感器的位置,距离等进一步验证上述结论,实验数据如表 4 所示.

表 4 改变光强传感器的位置,距离等获得的实验数据

$I_m/A$	$I/A$	光照强度 /lx
0.43	0.31	26
0.48	0.34	79
0.53	0.38	177
0.57	0.41	299
0.61	0.43	842

原理:相同灯泡发出光强相同,比较交流电最大电流值和直流电电流值

根据表4数据,利用Excel进行数据拟合,拟合后得到的图线如图10所示.

定量处理过程如3.7,具体数据输出如表5所示.

根据表5数据,利用Excel进行数据拟合,拟合后得到的图线如图11所示.

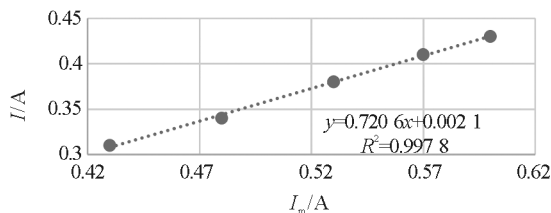


图10 表4数据拟合图线

表5 改变条件后,交流电与直流电电流值对比

次数	数量	$R/\Omega$	$t/s$	$Q/J$	$I_m/A$	$I/A$	$\frac{I}{I_m}$	光照强度 /lx
1	2 000	1	2	0.193 273 8	0.43	0.310 864 762	0.722 941 306	26
2	2 000	1	2	0.231 565 8	0.48	0.346 779 757	0.722 457 827	79
3	2 000	1	2	0.280 124 3	0.53	0.381 046 191	0.718 955 078	177
4	2 000	1	2	0.332 751 4	0.57	0.410 147 534	0.719 557 078	299
5	2 000	1	2	0.377 464 4	0.61	0.438 595 486	0.730 992 476	842

附:电阻默认为 $1\Omega$ ;采样频率为 $1\,000\text{ Hz}$ ;数据点输出 $2\,000$

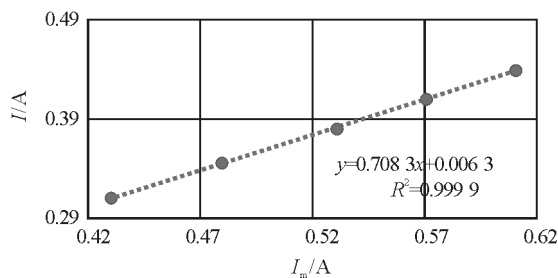


图11 表5数据拟合图线

### 3.9 实验结论

通过利用DISlab进行正弦交流电压有效值的实验,证实了正弦交流电在误差允许范围内其最大值与有效值的关系满足

$$U_{\text{有效值}} = \frac{U_{\text{最大值}}}{\sqrt{2}}$$

### 3.10 误差分析

(1) 本次实验采用的学生电源输出的交流电不是规则的正弦交流电;

(2) 实验采用的灯泡发光效率在 $50\%$ 左右,而且随着电流变化发光效率也会不同;

(3) 实验的采样频率为 $1\,000\text{ Hz}$ ,每 $0.02\text{ s}$ 内有 $20$ 组数据,利用微元法求总焦耳热不够准确;

(4) 由于系统误差,输出正弦交流电电流取值

为小数点两位,经实验发现其精确位数使对比值偏大.

### 4 实验设计有效性评价

该创新实验利用光强代替热量,避免了在测量热量时难以操作和时间限制的难题,实验过程采用电流传感器、光照强度传感器等新技术,同时利用多媒体技术进行数据处理,使得实验数据更加真实可靠,实验过程简单明了,而且实验可重复性比较强,可以作为课堂演示实验,也可以进行学生分组实验.

课堂教学中通过创新实验的巧妙设计,极大地提高了课堂效率,解决了学生对最大值与有效值的疑惑,而且在设计实践的过程中进一步开拓了学生的思维,激发了学生的创新思维,增进了学生对物理学习的热情,符合物理学科核心素养的基本要求.

### 参考文献

- 刘苏杰,吴跃文. 用示波器测定交流电最大值与有效值的关系. 物理通报,2009(8):37~38
- 唐掣. 利用DISLab进行交流电有效值的教学. 物理教师,2009(11):43~44
- 魏海波. 用示波器验证正弦交流电最大值与有效值关系. 中学物理教学参考,2001(8):49~50