

# 基于科学本质的低成本实验教学设计<sup>\*</sup>

——以探究灯泡亮度的决定因素为例

吉临荣 (无锡市太湖格致中学 江苏 214125)

许帮正 (无锡市教育科学研究院 江苏 214001)

**摘要** 本文以探究灯泡亮度的决定因素为例,利用低成本实验器材设计序列化进阶实验,并从实验现象和数据分析得出:灯泡的亮度由灯泡的实际功率决定,与灯泡的发光效率、发光的颜色以及人眼感觉等因素有关。

**关键词** 科学本质 低成本实验 教学设计 灯泡亮度

**文章编号** 1002-0748(2021)7-0036

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

《普通高中物理课程标准(2017年版)》对物理学科核心素养界定为:物理核心素养是物理学科育人价值的集中体现,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关键能力和必备品格,是学生科学素养的重要构成。物理学科核心素养主要由物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任四个方面构成。

科学态度与责任是指在认识科学本质,理解“科学·技术·社会·环境”关系的基础上,逐渐形成应有的科学态度和社会责任感,主要包括科学本质、科学态度、社会责任等要素。关于科学本质这一要素的具体含义,美国《面向全体美国人》中对科学本质是这样描述的:自然界是可以被认识的,科学理念是会变化的,科学不能为所有问题提供完整的答案。美国著名科学教育家莱得曼教授对科学的本质也曾说:科学知识的产生具有主观性。

本文以探究灯泡亮度的决定因素为例,让学生在教师的指导下,利用低成本实验器材创新设计序列化进阶实验,从实验现象和数据分析得出灯泡亮度的决定因素的结论。并揭示科学的本质就是人们在认识科学过程中无限接近真理。

## 1 问题的提出

### 1.1 灯泡的亮度由灯泡两端的电压决定吗?

人教版九年级物理教材第16章第1节“电压”“想想做做”中有如图1所示的内容。

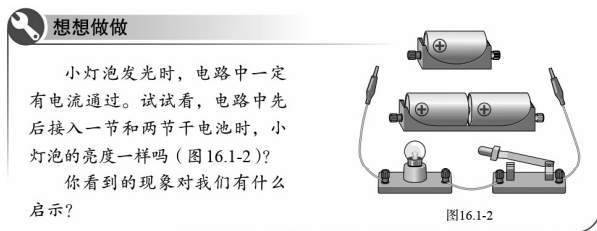


图1

通过演示实验,学生可以观察到:同一灯泡,接一节干电池时,灯泡亮度较暗;接两节干电池时,灯泡亮度较亮。进而学生大脑里形成这样的感性认识:灯泡的亮度由灯泡两端的电压决定。

### 1.2 灯泡的亮度由灯泡中的电流决定吗?

人教版九年级物理教材第16章第3节“电阻”中有如图2所示的内容。

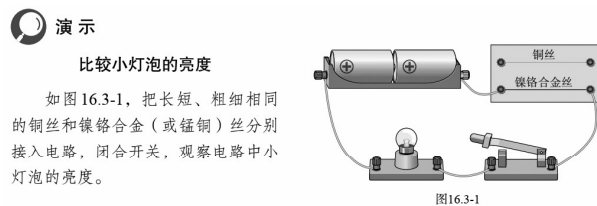


图2

实验时电路中可再串联接入一只电流表,通过演示实验,学生可以观察到:在电源不变情况下,当把铜丝接入电路时,电流表的示数较大,小灯泡较亮;当把镍铬合金丝接入电路时,电流表的示数较小,小灯泡较暗。学生大脑里自然形成这样的感性

\* 基金项目:本文系中国管理科学研究院教育科学研究所改革研究中心“十三·五”规划重点课题“中学物理生活化教学方式提升物理学科能力的研究”(项目编号:ZJKY6280);江苏省教育科学“十三·五”规划课题“指向物理学科核心素养的‘单元设计’”(批准号:R-c/2016/07)的研究成果。

认识:灯泡的亮度由灯泡中的电流决定。

## 2 问题的解决

进阶 1:灯泡的亮度真的由电流或电压决定吗?

设计学生实验 1:如图 3(a)所示,将“2.5 V 0.3 A”“3.8 V 0.3 A”两只小灯泡串联在三节干电池两端,观察灯泡的亮暗。

现象:“3.8 V 0.3 A”的灯泡较亮,“2.5 V 0.3 A”的灯泡很暗。

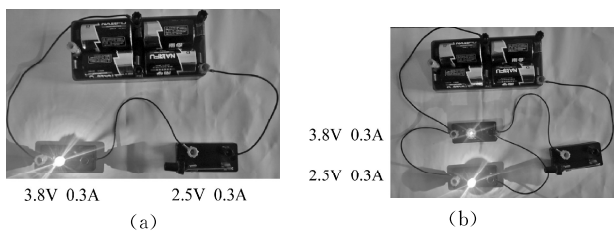


图 3

问题:

- (1) 两只灯泡中的电流大小如何?
- (2) 两只灯泡的亮度一样吗?
- (3) 灯泡的亮度由电流决定吗?

结论:灯泡的亮度不是仅由灯泡中的电流决定。

设计学生实验 2:如图 3(b)所示,将“2.5 V 0.3 A”“3.8 V 0.3 A”两只小灯泡并联在三节干电池两端,观察灯泡的亮暗。

现象:“2.5 V 0.3 A”的灯泡较亮,“3.8 V 0.3 A”的灯泡较暗。

问题:

- (1) 两只灯泡两端的电压大小如何?
- (2) 两只灯泡的亮度一样吗?
- (3) 灯泡的亮度由电压决定吗?

结论:灯泡的亮度也不是仅由灯泡两端的电压决定。

设计意图:“欲立之,先破之”。通过上述实验现象和分析,学生自然地就否定了大脑中原先形成的感性认识,认识到灯泡的亮度不只是由电流或电压单一因素决定。但同时也会产生新的疑惑(问题):灯泡的亮度究竟由什么来决定呢?

进阶 2:灯泡的亮度由灯泡的额定功率决定吗?

模拟生活情境:甲同学模拟店员,桌面上放有“PZ220-15”和“PZ220-60”两只白炽灯。乙同学模拟顾客,想买一只接在照明电路中亮度较亮的灯泡。

乙同学选择好灯泡后,设计实验来评价乙同学的选择是否正确?

设计演示实验 3:若乙同学选择灯泡“PZ220-

60”,则让两只灯泡串联接在照明电路中,如图 4(a)所示,观察灯泡的亮暗;若乙同学选择灯泡“PZ220-15”,则让两只灯泡并联接在照明电路中,如图 4(b)所示,观察灯泡的亮暗。

现象:串联时“PZ220-15”的白炽灯亮,并联时“PZ220-60”的白炽灯亮。

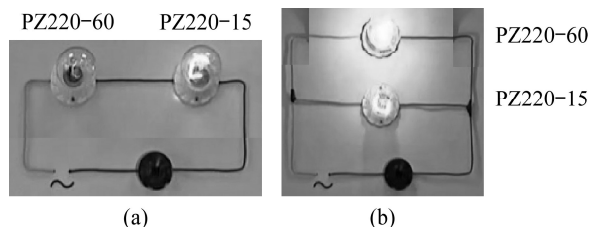


图 4

设计意图:学生根据生活经验,误以为额定功率大的灯泡较亮。设计对比实验,观察实验现象,让学生产生思维冲突,进而形成初步观念:灯泡的亮度不是仅由灯泡的额定功率决定的。

进阶 3:探究灯泡的亮度决定因素。

设计学生实验 4:根据如图 5 所示电路连接实物图。分别把“2.5 V 0.3 A”“3.8 V 0.3 A”两只小灯泡接入各自单独的电路中,闭合开关,缓慢移动滑动变阻器,先使“2.5 V 0.3 A”灯泡比“3.8 V 0.3 A”灯泡亮二次,再使“3.8 V 0.3 A”灯泡比“2.5 V 0.3 A”灯泡亮二次,记录每次实验时电压表和电流表的示数。最后分析所有实验数据,探究灯泡的亮度与什么因素有关系。

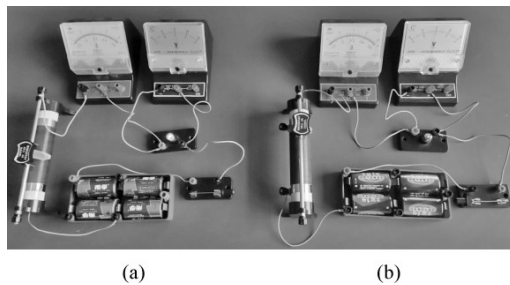


图 5

教师收集并呈现具有代表性的四组数据,如表 1 所示。

表 1 探究灯泡亮度的影响因素

| 实验次数 | 比较亮的灯泡         | “2.5 V 0.3 A”灯泡 L <sub>1</sub> |                      | “3.8 V 0.3 A”灯泡 L <sub>2</sub> |                      |
|------|----------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
|      |                | 电压 U <sub>1</sub> /V           | 电流 I <sub>1</sub> /A | 电压 U <sub>2</sub> /V           | 电流 I <sub>2</sub> /A |
| 1    | L <sub>1</sub> | 1.10                           | 0.20                 | 0.90                           | 0.14                 |
| 2    | L <sub>1</sub> | 1.70                           | 0.24                 | 1.90                           | 0.20                 |
| 3    | L <sub>2</sub> | 0.90                           | 0.18                 | 2.30                           | 0.22                 |
| 4    | L <sub>2</sub> | 1.10                           | 0.20                 | 1.50                           | 0.18                 |

下面是学生思维碰撞过程。

生 1: 由实验 1、2、3 数据可知, 灯泡的亮度还是由灯泡中的电流决定, 通过电流大的灯泡亮。

生 2: 从实验 4 的数据看, 这个结论不正确。

生 3: 由实验 3、4 数据可知, 灯泡的亮度由灯泡两端的电压决定, 两端电压大的灯泡亮。

生 4: 实验 2 的数据表明, 两端电压大的灯泡反而暗。

在学生都茫然时, 有学生思考要对数据进行必要的处理(如对数据进行加、减、乘、除等)。即在表 1 中“2.5 V 0.3 A”“3.8 V 0.3 A”灯泡下各增加 1 列, 计算出灯泡的实际功率, 如表 2 所示。

表 2 探究灯泡的亮度与灯泡实际功率的关系

| 实验次数 | 比较亮的灯泡         | “2.5 V 0.3 A”灯泡 L <sub>1</sub> |                      |                      | “3.8 V 0.3 A”灯泡 L <sub>2</sub> |                      |                      |
|------|----------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
|      |                | 电压 U <sub>1</sub> /V           | 电流 I <sub>1</sub> /A | 功率 P <sub>1</sub> /W | 电压 U <sub>2</sub> /V           | 电流 I <sub>2</sub> /A | 功率 P <sub>2</sub> /W |
| 1    | L <sub>1</sub> | 1.10                           | 0.20                 | 0.22                 | 0.90                           | 0.14                 | 0.126                |
| 2    | L <sub>1</sub> | 1.70                           | 0.24                 | 0.408                | 1.90                           | 0.20                 | 0.38                 |
| 3    | L <sub>2</sub> | 0.90                           | 0.18                 | 0.162                | 2.30                           | 0.22                 | 0.506                |
| 4    | L <sub>2</sub> | 1.10                           | 0.20                 | 0.22                 | 1.50                           | 0.18                 | 0.27                 |

生 5: 比较亮的灯泡的实际功率都比另一只灯泡的实际功率大。

结论: 同一种灯泡的亮度由灯泡的实际功率决定, 即由灯泡两端的电压和灯泡中的电流共同决定。

应用上述结论, 可以对前面的感性认识进行解释。

解释 1: 学习“电压”时, 说“灯泡两端电压越大, 灯泡越亮”, 是基于灯泡的电阻  $R$  不变, 由公式  $P_{\text{实}} = U_{\text{实}}^2 / R$  可知,  $U_{\text{实}}$  越大,  $P_{\text{实}}$  越大, 灯泡越亮。

学习“电阻”时, 说“灯泡中的电流越大, 灯泡越亮”, 是基于电源电压  $U$  不变, 由公式  $P_{\text{实}} = U^2 / R$  可知,  $R$  越小,  $P_{\text{实}}$  越大, 灯泡越亮。

强调: 阐述物理结论时, 一定要注意条件。

解释 2: “PZ220 - 15”和“PZ220 - 60”两只白炽灯, 由  $R = U_{\text{额}}^2 / P_{\text{额}}$  可知,  $U_{\text{额}}$  相等, “PZ220 - 15”灯泡的  $P_{\text{额}}$  小, 电阻  $R$  较大。

当两只灯泡串联接在照明电路中时, 由公式  $P_{\text{实}} = I^2 R$  可以得出, 电流  $I$  相等, “PZ220 - 15”灯泡电阻  $R$  较大,  $P_{\text{实}}$  也较大, 亮度较亮。

当两只灯泡并联接在照明电路中时, 由公式  $P_{\text{实}} = U^2 / R$  可以得出, 电压  $U$  相等, “PZ220 - 15”灯泡电阻  $R$  较大,  $P_{\text{实}}$  较小, 亮度较暗。

“同一种灯泡的亮度由灯泡的实际功率决定”, 这是目前老师和学生普遍认可的结论, 常用来判断有关灯泡亮度的问题。我们还可以设计下列演示实验帮助学生建构此物理观念。

设计演示实验 5: 让灯泡的实际功率和灯泡的亮度可视化。

器材: 如图 6 所示, 一只插座(能直接显示灯泡的实际功率), 一部手机(下载手机物理工作坊软件, 即 Phyphox, 全称 Physical Phone Experiments, 是由德国亚琛工业大学第二物理研究所开发的一套物理手机实验软件), 带灯座和开关的万向插头, “PZ220 - 40” “PZ220 - 60” “PZ220 - 100” 的白炽灯各一只。

实验: 分别将白炽灯安装到灯座中, 插座显示三只灯泡的实际功率分别为 41.9 W、66.6 W 和 109.9 W。打开手机 Phyphox 软件中的光传感器, 在距离灯泡同一位置测出三只灯泡发出光的照度。数据如图 6 所示。



图 6

结论: 灯泡的实际功率越大, 灯泡发出光的照度也越大, 进一步表明灯泡的亮度由灯泡的实际功率决定。

设计意图: 将苏科版教材中测定小灯泡的功率, 并得出灯泡的亮度由灯泡的实际功率决定的初步结论; 更改为探究灯泡的亮度影响因素, 让学生经历问题、证据、解释、交流的探究过程, 培养学生的科学探究能力。

进阶 4: 灯泡的亮度一定由灯泡的实际功率决定吗?

设计演示实验 6: 分别将标有“PZ220 - 40”的白炽灯、“YPZ220 - 15”的节能灯、“AC85 - 265 V 5 W”的 LED 灯安装到灯座中, 插座显示三只灯泡的实际功率分别为 41.9 W、9.1 W 和 4.2 W。利用手机 Phyphox 软件中的光传感器, 在距离灯泡同一位置测出灯泡发出光的照度。数据如图 7 所示。



图 7

问题:上述三只灯泡,额定功率不相等,即不符合控制变量的条件,我们能分析得出结论吗?

生:(学生经过讨论后,认为能得出结论)分析过程为:白炽灯、节能灯、LED 灯,它们的实际功率越小,发出光的照度反而越大。假如它们的实际功率都为 41.9 W,那么节能灯、LED 灯发出光的照度会更大,亮度会越亮。

结论:灯泡的亮度由灯泡的实际功率决定,还与灯泡的种类有关,也就是与灯泡的发光效率有关。

设计演示实验 7:分别将“220 V 5 W”的红色、绿色、蓝色 LED 彩灯安装到灯座中,插座显示三只灯泡的实际功率均为 4.4 W。利用手机 Phyphox 软件中的光传感器,在距离灯泡同一位置测出三只灯泡发出光的照度为 111.1 勒克斯、99.3 勒克斯和 40.0 勒克斯。

现象:同一种灯泡的实际功率相同,但测得发出光的照度不相等,红光大于绿光,绿光大于蓝光。

结论:灯泡的亮度由灯泡的实际功率决定,与灯泡的发光效率有关,还与灯泡发出光的颜色有关。

实验探究到此地步,也许你会认为,这是最终的结论吧。老师还可以向学生说明,上述实验中用光

(上接第 53 页)

学)的研究方法;释疑 1 遥相呼应回归课前引课,应用所学的知识,通过分析、判断与推理,锤炼准确语言传达信息并进行交流沟通,这正是关键能力的意义所在;释疑 2 密切联系生活实际,解释揭示自行车的反光板应用相互垂直的平面镜达到原路反光之效果,在此基础上深层次地将问题拓展延伸,为培养学生的思维品质奠定基础;释疑 3 从平面镜成像的“对称”或“翻转”的不同角度探索解决问题的思维方法,促进学生形成科学的思维习惯和思维方法。

问题的解决也需要科学思维的积极参与,需要学生与教师之间的思维碰撞。而深度对话是培养学生思维的良好手段。教师通过与学生对话,了解学生学习的真实情况,便于教师引导学生向着正确的

的照度来反映灯泡的亮度,还是不妥的。

光的照度与灯泡的亮度还不完全相同。照度是单位面积上接受的光源发出光的数量(光通量),而亮度是指人眼感受到的发光体(或反光体)表面发光(或反光)强弱的物理量。通俗地说,照度是一个客观的参量,亮度是某一物体发射或反射出来的光被人眼所感知的程度,也就是亮度还与人眼感知光的能力等因素有关。

### 3 结语

设计序列化进阶实验,通过分析实验现象和数据,得出灯泡的亮度不仅是由电流和电压单一因素决定,而是由灯泡的实际功率决定,还与灯泡的种类(即发光效率)、发出光的颜色、人眼感知光的能力等因素有关,揭示了科学探究和人类对科学知识的认识是无止境的。

#### 参考文献

- [1] 谈建龙. 灯泡发光亮度由电功率决定吗[J]. 中学物理教学参考, 2004(11): 22.
- [2] 谢本毅. 如何判断灯泡亮暗[J]. 中学物理, 2011(11): 62—63.
- [3] 刘勇. 也谈灯泡发光亮度的决定因素[J]. 理科考试研究, 2012(8): 27—28.
- [4] 王勇. 探究决定小灯泡亮度的因素[J]. 中学物理, 2015(5): 89—90.
- [5] 刘信生, 汤金波. 基于证据和论证能力下物理科学思维的培养策略[J]. 中学物理, 2020(12): 2—5.
- [6] 彭前程. 谈对“学生发展核心素养及物理学科核心素养”的理解[J]. 中学物理教学参考, 2017(10): 1—4.
- [7] 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.

方向思考;在师生的对话中培养学生的语言表达能力和自信心。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准[S]. 北京: 人民教育出版社, 2011.
- [2] 杜威. 我们怎样思维·经验与教育[M]. 姜文闵, 译. 北京: 人民教育出版社, 2013.
- [3] 陈祥春. 思维课堂才是真教学[J]. 中国教师, 2013(04).
- [4] 陈国荣, 唐枫. 思维型教学理论的实践探索—基于思维型教学的 551 课堂模式构建[J]. 教育家, 2018(48).
- [5] 刘倩. 试论思维教学的内涵、实践缺失与建构路径[J]. 当代教育科学, 2019(4).
- [6] 朱忠明. 问题思维教学的内涵、实践缺失与建构[J]. 教学与管理, 2016(06).