

温差发电实验的设计与探究*

张声遥 柳福提 曾志强 李建华 何希 余慧

(宜宾学院理学部物理学院 四川 宜宾 644000)

(收稿日期:2020-06-20)

摘要:根据塞贝克效应,以制冷片作为核心部件,设计以蜡烛为热源的发电实验,探究影响实验效果的因素.该实验设计取材方便,成本低廉,操作简单,现象明显,用于物理教学能有效激发学生的兴趣,培养学生物理学科核心素养,从而提高物理教学效果.

关键词:物理教学 温差发电 塞贝克效应 实验设计

物理教学过程中要让学生逐渐形成适应个人终身发展和社会发展需要的物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任的核心素养^[1],物理实验对培养学生物理学科核心素养具有不可替代的作用.在物理实验设计与探究中,教师要充分挖掘实验在培养学生发现问题、提出问题和解决问题等方面的潜在价值^[2],它不仅能极大地激发学生学习的兴趣,还能很好地促进学生物理学科核心素养的达成,从而提高教学效果^[3,4].利用身边用品和材料来设计现象明显的实验,增加学生亲历动手做实验的机会,是培养学生实践与创新能力的重要方法和手段.本文以生活中的制冷片为材料设计一个温差发电实验,具有成本低廉、操作简单安全、实验教学效果好等优点,希望能为物理教师开发实验教学资源提供一定的参考.

1 实验原理

作为本文中温差发电实验设计核心部件的制冷片,其结构如图1所示,表面覆盖一层陶瓷,从内部引出正负两根导线,形状呈长方形,广泛应用于空调、净水器等家用电器中.当在两根导线上施加一定的电压时,制冷片会出现一个端面吸热、另一个端面放热的现象.与吸热端面接触的物体温度会降低,从而起到降温制冷的作用,其物理原理实质上就是珀尔贴(Peltire)效应^[5~7].如果把制冷片反过来使用,就可以利用温差来发电,即把制冷片的放热端面与

高温热源接触,吸热端面与低温热源接触,则制冷片的导线两端会输出一定的电压,这种温差发电原理实质为塞贝克(Seebeck)效应^[5~7].

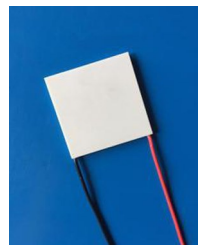


图1 制冷片

制冷片的基本单元是热电偶,是由一个P型半导体和一个N型半导体平行放置,一端用导体连接,另一端开路,其结构如图2所示.

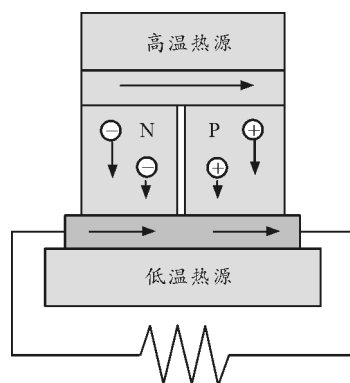


图2 热电偶的工作原理图

通常,将连接端与高温热源接触(heat source)成为热端,另一端(开路)与低温热源接触(cool source)成为冷端,从而使得两个端面之间保持一定

* 四川省应用示范课程热学建设项目、四川省教学改革项目,项目编号:JG2018-755;宜宾学院教学改革项目的课题成果,项目编号:JGY201827;JGZ201809

的温度差.众所周知,半导体中的载流子会从温度高的地方扩散到温度低的地方.由于P型半导体中的载流子是正电荷,而N型半导体中的载流子是负电荷,故两半导体在冷端会产生一个电势差,如果把它连入电路,就会在回路中产生电流.热电偶两端的电势差与两个端面之间的温度差成正比^[8],数学表达式为

$$\epsilon = \alpha_{pn}(T_h - T_c) \quad (1)$$

其中 ϵ 是冷端两半导体间的电势差, T_h 是热端的温度, T_c 是冷端的温度, α_{pn} 是塞贝克系数.从式(1)可知,在塞贝克系数一定的情况下,若要提高制冷片温差发电的电压,就需要增加两个端面的温度差.

2 实验材料

实验设计与探究所用的材料有:制冷片,蜡烛或酒精灯(高温热源),导热板,散热器,指针式电流表和电压表,发光二极管,接线器,导线,冰块(低温热源).

3 实验设计

我们设计的温差发电实验结构如图3所示.首先把一个散热器放在水平桌面上,然后将制冷片(温差发电片)放置在散热器上,注意应将制冷片的低温端面与散热器接触,而且接触面之间涂上导热膏以利于热的传导.其次,在制冷片上面放置一块长方形的金属导热板,板的一端与制冷片的高温端面接触,另一端与热源接触.当热源对导热板的一端进行加热时,热量会沿着导热板流到制冷片的上端面,再经过制冷片传导到散热器上,最后散失到空气中.

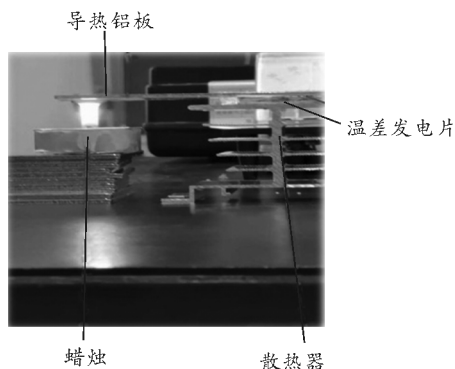


图3 温差发电实验装置实物图

根据热传导原理,热流是由温度梯度所引起的,

故在制冷片的上下两个端面必然会存在温度差,该温度差会在制冷片的两个导线上产生电动势.如果让制冷片的两根引出导线与发光二极管的正负极相连接,二极管将会发光.实验时,加热金属板将会直观地看到二极管发光的现象,以此来创设物理学习情境与探究任务,激发学生极大的求知欲,对培养学生物理探究能力与科学思维具有重要意义.

在上述实验现象的基础上,可以把制冷片与阻值比较小的电阻连接,同时串联一个指针式电流表或并联一个指针式电压表.在用蜡烛或酒精灯对金属片加热的过程中,我们可以看到电流表或电压表的指针会慢慢偏转,直到热流稳定以后,指针会在某个刻度附近稳定下来,这一过程可以很好地说明温差发电的物理原理.

4 实验讨论

在实验时如果只用一个制冷片,会发现二极管的发光效果不稳定.究其原因,有以下三方面:第一,二极管有一个1.2V左右的开启电压,而且内阻很大(超过1M Ω),发电片需要在较大的温差条件下,使输出电压超过额定电压.在开始加热时,发电片上下端面温差较大,但随着热流逐渐稳定,温差将会减小,所以二极管只能亮一短暂的时间,发光不稳定.第二,由于我们所用的热源——蜡烛燃烧并不稳定,随着蜡烛的燃烧,其长度会不断减小,火焰离导热板距离越来越远,导致热流减小.第三,导热板表面会因为长时间灼烧而产生氧化层,使热阻变大,阻碍热量的传导.通过以上分析,为保证稳定的实验效果,可将两个发电片串联使用,如图4所示.两个串联的发电片可以提供足够的功率和电压来启动二极管,保证实验可以取得较好的稳定效果.

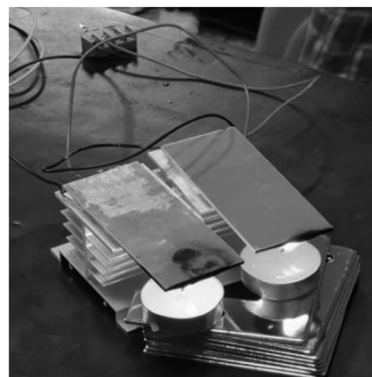


图4 在实验中将两个温差发电片串联使用

伏安法测电阻内外接式判据的研究

何述平

(西北师范大学教育学院物理教育研究所 甘肃 兰州 730070)

(收稿日期:2020-06-01)

摘要:研究了伏安法测电阻内外接式的判据,结果表明:有3个不完备的条件判据;讨论了条件判据的逻辑关系,完善了条件判据;深化了伏安法测电阻内外接式判据的认识,提出了合理运用判据的建议。

关键词:伏安法 电阻 内外接式 判据 系统误差

1 引言

伏安法测电阻既是普通高中物理教学的基本内容^[1],又是历年物理高考的热点;从物理实验原理方法看,伏安法是测电阻的基本方法. 现实教学中常用的伏安法测电阻内外接式的判据为:

(1) 一般, $\frac{R_x}{R_A} > \frac{R_V}{R_x}$ 时, R_x 为大阻值电阻, 采用

内接式; $\frac{R_x}{R_A} = \frac{R_V}{R_x}$ 时, R_x 为临界值电阻, 内外接式均可;

$\frac{R_x}{R_A} < \frac{R_V}{R_x}$ 时, R_x 为小阻值电阻, 采用外接式^[2,3].

(2) 临界电阻 $R_c = \sqrt{R_A R_V}$, $R_x > R_c$ 时, R_x 为大阻值电阻, 采用内接式; $R_x = R_c$ 时, R_x 为临界值电阻, 内外接式均可; $R_x < R_c$ 时, R_x 为小阻值电阻, 采用外接式^[4,5].

还有一种改进实验效果的方法是利用冰块作为低温热源. 从前面对制冷片的分析可知, 若要提高发电片的输出电压, 需要提高发电片上下端面的温度差. 在此实验中, 如果只依靠散热器向空气散热, 散热效果不太理想, 引起热量堆积, 使得发电片两端温度差减小, 影响实验效果. 如果把散热器底面置于冰块上, 便可以大大降低散热器的温度, 提高温度差, 增强实验效果. 另外, 还可以创设任务, 让学生通过实验探究热转化电的效率问题, 并提出提高热电转换效率的方案, 培养学生实践创新能力. 笔者运用这个实验设计与探究方案进行了教学尝试, 实践表明: 在教学过程中, 学生对此温差发电实验的物理机制进行了深入的讨论, 并提出了实验改进措施, 教学效果非常好.

5 总结

根据能量转化与守恒思想, 本文以塞贝克效应为物理基础, 用制冷片作为核心部件, 设计以蜡烛为热源的发电实验, 取材方便, 成本低廉, 操作简单, 现象明显, 用于物理教学能有效激发学生的学习兴趣,

培养学生物理学科核心素养, 提高物理教学的效果. 本文详细介绍了该实验的设计方案, 分析了实验过程并提出改进措施, 希望能为物理教师利用身边的设备和材料开发物理实验资源提供参考.

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. 2 ~ 4
- 2 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版)解读[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018. 49 ~ 59
- 3 赵妍妮, 陈晨. “蜡烛电厂”实验探究设计[J]. 物理教师, 2016, 37(1): 39 ~ 40
- 4 毛杰键, 庄玲, 付金仙, 等. 塞贝克效应实验装置的设计与实验结果[J]. 上饶师范学院学报, 2015, 35(3): 23 ~ 26
- 5 谭昊, 陈天庭. 掺杂碲化铋基热电材料塞贝克系数测试与分析[J]. 超星期刊科技论坛, 2010, 21(4): 108 ~ 111
- 6 严李强, 程江, 刘茂元. 浅谈温差发电[J]. SOLAR ENERGY, 2015, 27(1): 11 ~ 15
- 7 赵建云, 朱东生, 周泽广. 温差发电技术的研究进展及现状[J]. 电源技术, 2013, 134(3): 310 ~ 313
- 8 张建中. 温差电基本理论[OL]. <https://wenku.baidu.com/view/dbd49324284ac850ad02429d.html>