

专  
题



## 基于热能利用的创新实验设计

黄 林, 唐一文, 王建中

(华中师范大学 物理科学与技术学院, 湖北 武汉 430079)

**摘 要:** 设计了基于温差电效应的锂电充电器. 该装置以热水作为热源, 选用 F40550 型温差发电片, 稳压电路和锂电充电保护电路的主控芯片分别为 LM1085 和 SD8001, 电压输出为 USB 接口. 该装置可以对锂电供电的小型数码产品充电.

**关键词:** 热能; 温差电效应; 锂电充电器

**中图分类号:** O482. 6; TM913

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-4642(2016)11-0016-04

目前高校在进行物理实验教学时, 一般以验证性实验和设计性实验为主. 然而, 这样的实验开设方式存在一定不足: 首先, 对于普通设计性实验, 虽然未直接提供实验方案和操作步骤, 需要学生按实验的要求, 通过查找资料设计实验方案, 但其设计方案并不一定强求是学生“自己的”, 即学生可以直接采用别人已有的、成熟的设计方案. 而且有的设计性实验还限定了实验所要使用的仪器或需要采用的物理原理<sup>[1-2]</sup>, 这或多或少地制约学生创新能力的发挥, 且可能造成学生设计方案的雷同, 更为重要的是这类实验所涉及的物理原理(或思想), 通常是在实验室理想条件下(例如可直接使用现成的实验仪器)的运用<sup>[3-4]</sup>, 这与其在实际中的具体应用相比较, 还是存在一定的差别. 因此有必要开展新的实验训练手段, 对原有实验开设方式进行补充或完善. 基于这种认识, 湖北省于 2010 年开始举办大学生物理创新实验设计竞赛, 其目的在于更好地培养学生的创新能力以及综合运用物理知识解决实际问题的能力. 这类创新实验和普通设计性实验一样, 虽然也要求学生能够自行查找资料去完成实验方案的设计, 但与普通设计性实验不同的是, 它们全部以科研开放的模式进行, 即实验不具体限定学生设计实验方案时所采用的物理原理(或思想), 但要求设计方案是自己的原创, 或是在他人设计方案上的改进或创新, 最终还要以自己的设计方案为基础, 完

成实验装置的加工、制作和调试, 达到实验规定的要求.

大学生物理创新实验设计竞赛分基础课题和应用课题 2 类, 其中应用课题偏重物理原理(或思想)在实际生活中的具体应用. “热能的利用”就是其中的一个实验, 该实验要求学生自主查找资料, 设计并制作小型的“热能利用装置”, 装置需具备一定的实用性.

### 1 设计思路和实验原理

#### 1.1 设计思路

学生通过查阅相关资料, 了解到国内关于热能利用的研究热点主要集中在较大规模的热能利用上<sup>[5-6]</sup>, 如地热能等, 故利用方法对于该实验而言, 借鉴价值不高, 要完成创新实验设计, 需要另选方案.

温差电效应详细阐述了热能和电能间的转换规律<sup>[7]</sup>, 学生受此启发, 设计了基于温差电效应的“热能利用装置”——锂电充电器, 该装置以生活中常见的热水作为热源, 可对锂电供电的小型数码产品(比如智能手机、MP3 或单独的锂电池)进行充电.

#### 1.2 实验原理

将 2 种不同材质的金属 A 和 B 相连, 使其 2 个触点分别处于  $T_1$  和  $T_2$  不同温度环境中, 如图 1 所示.

收稿日期: 2016-02-25; 修改日期: 2016-03-29

资助项目: 湖北省教育科学“十二五”规划立项课题(No. 2013B021); 国家自然科学基金项目(No. 51572102)

作者简介: 黄 林(1975—), 男, 湖南资兴人, 华中师范大学物理科学与技术学院实验师, 学士, 主要从事实验教学、实验技术的研究和改进、实验室管理工作.



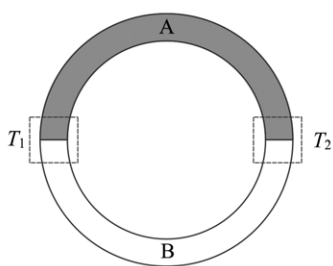


图 1 温差电效应装置示意图

闭合回路中存在一定的电动势,该效应称为温差电效应,其大小为<sup>[8]</sup>

$$\epsilon = \iint_{AB} (T_1) + \iint_{BA} (T_2) + \int_{T_1}^{T_2} \sigma_A(T) dT + \int_{T_2}^{T_1} \sigma_B(T) dT,$$

其中, $\epsilon$ 为塞贝克电动势, $\iint_{AB} (T_1)$ 和 $\iint_{BA} (T_2)$ 为佩尔捷电动势, $\int_{T_1}^{T_2} \sigma_A(T) dT$ 和 $\int_{T_2}^{T_1} \sigma_B(T) dT$ 为汤姆孙电动势。

普通金属间的温差电效应非常微弱,随着材料科学(如半导体材料)的发展,利用温差电效应产生电能,开始有了实际应用价值。例如工程上使用的半导体温差发电片,可实现对生活某些低品质热能的利用<sup>[9-10]</sup>,使用时将其中一侧(热端)置于高温环境,另一侧(冷端)置于低温环境,则有电流产生。

## 2 设计方案

学生在利用温差发电片设计“热能利用装置”——锂电充电器时,需考虑以下因素:

首先,需要考虑温差发电片的选型以及发电片冷端和热端的设计。

其次,由于热水的温度会不断下降,导致温差发电片输出电压不稳定,故需要设计 DC-DC 稳压电路。另外由于锂电的特殊性,在对其充电时,要有充电保护电路,以防“过冲”对锂电造成损坏。如果通过数码产品(如智能手机等)的 USB 接口对锂电进行充电,由于这类数码产品内部通常已经集成了保护电路,故只需保证设计的装置可提供 +5 V 的稳压输出即可。

综合以上考虑,学生设计的热能利用实验装置结构框图如图 2 所示。该装置主要由热端、冷端、温差发电片、稳压电路、锂电充电保护电路等组成。

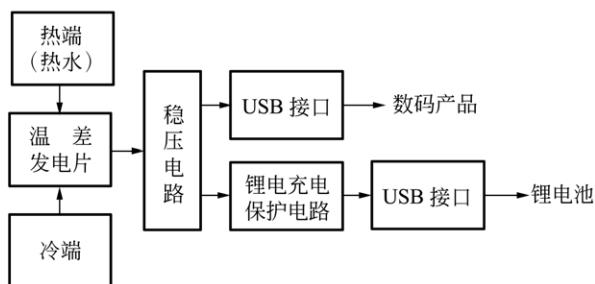


图 2 热能利用装置结构框图

### 2.1 温差发电片的选择

由于利用的热源是生活中普通热水,所以应选择发电片最高耐温温度至少在 100 °C 以上,且在热端和冷端温差较低时,仍可输出较高电压,通过对比,学生最终选择 F40550 温差发电片。该发电片在热端和冷端的温差为 20 °C 时,其开路电压为 1.60 V;在温差为 80 °C 时,开路电压可以达到 5.20 V。在实际应用时,为了达到更高的输出电压,可将多片温差发电片联用。

### 2.2 热端和冷端设计

装置的热端主要由水杯(盛装热水)和导温台 2 部分组成。其中导温台和温差发电片热端之间的缝隙用导热硅胶填充,水杯则选用导热性较好的平底杯,放置于导温台上。

装置的冷端主要由散热片和可拆卸式水槽 2 部分组成。其中散热片的一端(平底端)和温差发电片冷端之间也采用导热硅胶填充,另一端(叶片端)则插入水槽的冷水中。

### 2.3 稳压电路和锂电充电保护电路设计

对于稳压电路的设计,若采用分立器件,电路较为复杂,如用专门的集成稳压芯片,可使电路大为简化,实验采用美国 TI 公司的 LM1085-ADJ 芯片,设计电路如图 3 所示。若  $R_2$  与  $R_1$  的阻值之比约为 3,当输入电压  $U_{IN} \geq 6.5$  V 时,输出电压为  $U_{OUT} \approx 5$  V。

对于锂电充电保护电路的设计,目前国内外已有专门的锂电充电管理芯片问世,型号较多,使用这类芯片时,只需在外围接很少的器件(如电阻、电容等)即可。采用首鼎半导体公司 SD8001 单节锂电充电管理芯片,它对锂电充电时,充电电压限制在 4.2 V。在图 4 所示的电路中,对单节锂电充电时,芯片将在锂电充电的不同阶段,智能地选择不同大小的充电电流,而在此过程中的最大充电电流  $I_{CHG}$  则由电阻  $R_1$  设定,其公式为

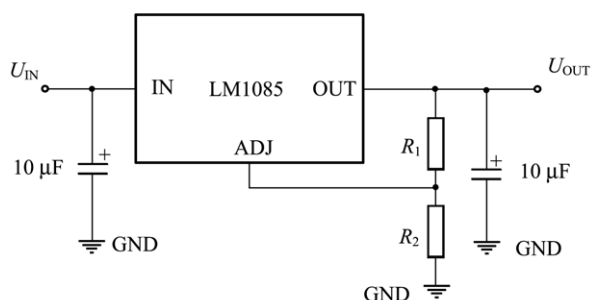


图 3 LM1085 稳压电路

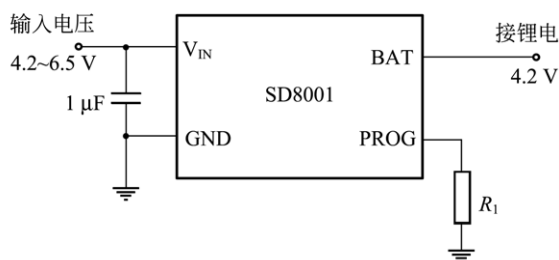


图 4 SD8001 锂电充电保护电路

$$I_{\text{CHG}} = 1000 \text{ V} / R_1.$$

一般而言,  $R_1$  通常采用误差为 1% 的高精度电阻, 阻值取 1.65~3.40 k $\Omega$ .

#### 2.4 输出接口

为了方便电压输出, 装置提供了 2 种 USB 接口: 一种可给带 USB 接口的数码产品(如智能手机、MP3)充电, 另一种可直接给单节锂电充电(带锂电充电保护电路).

#### 2.5 最终作品和改进设想

学生设计的基于温差电效应的“热能利用装置”——锂电充电器, 实物图如图 5 所示.

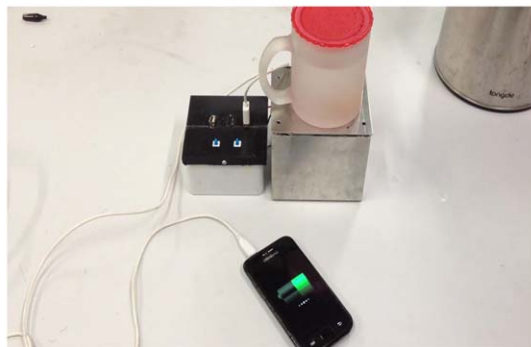


图 5 基于温差电效应的“热能利用装置”——锂电充电器

与学生交流后认为, 此装置还可进一步改进, 比如改进热端和冷端的设计后, 整个装置可以加工得更为紧凑, 甚至可把装置整体加工成“杯状结构”, 这样不仅容易携带, 也有利于热水的存储和利用.

### 3 结束语

“热能利用装置”设计创新实验内容涵盖了物理学、电子技术等学科的知识. 开展与实际生产生活密切相关的物理创新实验竞赛, 不仅可使学生直观地感受到物理并不是枯燥乏味的理论, 它与平时的生活也是密切联系的, 我们可以运用物理知识(或原理)解决在生产生活中所遇到的一些实际问题, 而且可以提升包括物理知识(或原理)在内的各学科知识综合运用能力, 同时也会促使教师在实验教学中, 更注重学生实际应用能力的培养, 使学生做到学以致用.

#### 参考文献:

- [1] 王伟, 周竣峰, 邵剑波, 等. 迈克尔逊干涉仪测量平行透明物厚度或折射率[J]. 实验科学与技术, 2011, 9(2): 37-39.
- [2] 顾焕国, 陈昭喜, 欧汉彬. 补偿法测电阻实验设计[J]. 大学物理实验, 2007, 20(2): 47-48.
- [3] 万欣, 崔敏. 金属电阻率测量实验的设计与研究[J]. 物理实验, 2013, 33(2): 34-36.
- [4] 丁鸣, 崔云康, 吴庆春, 等. 基于迈克耳孙干涉仪测铁磁材料磁致伸缩系数的实验装置[J]. 物理实验, 2013, 33(5): 18-20.
- [5] 缪仁杰, 谭永璐, 李淑兰, 等. 太阳池热能利用技术[J]. 可再生能源, 2008, 26(2): 6-9.
- [6] 徐怀颖, 张宝生. 环渤海及京津地区油田地热能利用的前景[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2012, 36(4): 182-185.
- [7] 常潇琳, 杨崇立, 朱春晖, 等. 塞贝克系数和电阻率测量设备的搭建[J]. 物理实验, 2013, 33(6): 9-13.
- [8] 赵凯华, 陈熙谋. 电磁学[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2011: 219.
- [9] 林玉兰, 吕迎阳, 梁广, 等. 基于半导体温差发电模块的锂电池充电装置[J]. 电源技术, 2006, 30(1): 38-40, 43.
- [10] 赵建云, 朱冬生, 周泽广, 等. 温差发电技术的研究进展及现状[J]. 电源技术, 2010, 34(3): 310-313.

## Innovative experiment project based on heat energy utilization

HUANG Lin, TANG Yi-wen, WANG Jian-zhong

(College of Physical Science and Technology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** A Li-ion battery charger was designed based on thermoelectric effect. The device used hot water as heat source, F40550 as thermoelectric generation tables, LM1085 and SD8001 were chosen as the voltage stabilizing circuit and Li-ion battery charging protection circuit control chip, respectively. And the voltage output was USB interface. Small digital products with Li-ion battery could be charged by the device.

**Key words:** heat energy; thermoelectric effect; Li-ion battery charger

[责任编辑:任德香]

(上接第 9 页)

## Raman spectrometer control system based on microcontroller

BAO Yi-cheng, CHEN Yi-bao, SUN Wen-bo, WANG He-ying

(Department of Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** The control system for a high resolution double Raman spectrometer was rebuilt based on a STM32F303 microcontroller. This control system included all the function needed for Raman spectrum measurement, guaranteeing high performance with programmable acceleration. The system utilized USB VCP protocol through full-speed USB port to communicate with computer, making it easy to develop software for host computer and extend the system for other experiments.

**Key words:** Raman spectrometer; control system; microcontroller; USB virtual COM port

[责任编辑:任德香]

(上接第 15 页)

## Improvement on apparatus of magneto-optic Kerr effect and measurement of coercive force of non-standard soft magnetic materials

WANG Chun-mei, ZHAO Zhen-jie, RUAN Jian-zhong, LI He, SHEN Guo-tu

(School of Physics and Materials Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** The original magneto-optic Kerr effect experiment device in the lab, with a discrete magnetic optical bench, was difficult to adjust and the precision was low, because of the complexity in light path adjustment. Only standard samples could be measured with it. In this paper, an adjustable optical guide rail was designed and a lens group was inserted to simplify the adjustment of the optical path. Combining with the series resistance compensation method, the sensitivity was further improved. The measurement of the coercive force of non-stranded soft magnetic materials was realized.

**Key words:** magneto-optic Kerr effect; soft magnetic materials; coercive force

[责任编辑:尹冬梅]