

热学实验教学改革

——以赤峰学院物理学专业为例

丛爱民, 任芮昕, 李敏, 董鸿飞, 李珊珊, 黄国锋, 尹郭雅文, 李晓伟

赤峰学院物理与智能制造工程学院, 内蒙古 赤峰

收稿日期: 2023年12月24日; 录用日期: 2024年1月22日; 发布日期: 2024年1月29日

摘要

通过分析物理学专业热学实验课目前存在的一些问题, 发现该课程在实验内容和教学模式上还存在提升空间。针对以上问题, 我们提出对物理学专业热学实验课程的教学模式和教学内容进行改革。通过安排创新性实验和综合性实验, 提升实验的趣味性和生动性, 进一步加深学生对热学理论知识的深入理解, 促进学生的学习效果和兴趣。实验中, 为学生提供更多动手实践的机会, 引导学生主动提出问题并学会如何解决问题, 实验过程中能够自主设计实验方案, 并通过对实验结果进行分析来优化实验操作, 以此来有效提高学生的实践创新能力和自主学习能力。

关键词

热学实验, 教学改革, 团队合作

Reform of Thermal Experimental Teaching

—Taking the Physics Major of Chifeng University as an Example

Aimin Cong, Ruixin Ren, Min Li, Hongfei Dong, Shanshan Li, Guofeng Huang, Guoyawen Yin, Xiaowei Li

School of Physics and Intelligent Manufacturing Engineering, Chifeng University, Chifeng Inner Mongolia

Received: Dec. 24th, 2023; accepted: Jan. 22nd, 2024; published: Jan. 29th, 2024

Abstract

Through the analysis of some problems existing in the thermal experimental course of physics

文章引用: 丛爱民, 任芮昕, 李敏, 董鸿飞, 李珊珊, 黄国锋, 尹郭雅文, 李晓伟. 热学实验教学改革[J]. 教育进展, 2024, 14(1): 882-889. DOI: 10.12677/ae.2024.141136

major, it is found that there is still room for improvement in the experimental content and teaching mode of this course. In view of the above problems, we propose to reform the teaching mode and teaching content of the thermal experimental course of physics majors. By arranging innovative experiments and comprehensive experiments, the interest and vividness of the experiments can be improved, and the thermal theoretical knowledge can be further deepening understanding. The students' learning effect and interest are promoted. In the experiment, the students have more hands-on opportunities and abilities of asking question and solve the problem. The students can design experiment by themselves, analyze experimental results, and optimize the experimental operation. Therefore, the students' practical innovation ability and autonomous learning ability can be effectively improved.

Keywords

Thermal Experiment, Teaching Reform, Teamwork

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

热学理论和热现象与我们的生活息息相关，热学理论知识和实验被广泛用于优化能源利用的过程，提高能源转化效率和节能减排水平。因此，熟练掌握热学理论和热学现象在我们的生产和生活中具有重要的意义。热学实验是物理学、集成电路等专业开设的必修专业课程之一。热学实验课的开设是学生深入了解热现象和热理论的有效方法。热学实验对于设计和改进传热设备(如换热器、冷却系统等)也起到了至关重要的作用[1]。通过热学实验课程的学习和实践，学生可以直观地观察和体验热量的传递、温度变化等现象，深入理解热力学原理和热学定律。这有助于加深学生对热学知识的理解和记忆，培养他们热学实验技能和科学思维的能力。

学生们通过热学实验课程的学习和实践进一步了解和掌握与实际生活联系密切的热现象，以及学会利用所学理论知识解释生活现象的方法。比如材料的热胀冷缩特性与器件的精密度和稳定性密切相关，材料的热传导特性在建筑环境中对热量的利用效率起着决定性作用，热辐射在医学热成像领域可以用于检测身体内部的热量分布情况，从而帮助医生诊断某些疾病等，这些热现象生贴近生活实际和科技前沿，因此，可以进一步激发学生去探索热传导、热胀冷缩以及热辐射等现象在生物医疗、化学、建筑环境工程等领域的意义。在实践的过程中学生发现热学实验中许多有趣的现象，对热现象产生强烈的好奇心，从而才能推动学生产生对热学现象产生强烈的探索欲望，为他们将来从事热学领域的研究奠定发展基础，推动热学领域的进一步发展和突破，从而为热学实验在新材料的研发、能源利用的优化和传热设备的改进方面提供创新性技术服务。

目前，我校开设的热学实验课虽然已经有了系统且成熟的教学体系，但是依然存在以下几个主要问题：

(一) **热学实验课内容创新性不够，与生活联系不够紧密。**比如目前学生做的实验有冰的熔化热测定、金属热膨胀系数测定、液体比汽化热测定、落球法变温液体粘滞系数测定、固体比热容测定，液体表面张力测定，这些实验与理论课所学知识点结合紧密，但与日常生活和科技前言中的热现象相比，缺乏生动性，难以激发学生的探索欲，学生在学习过程中更像“执行者”而不是“研究者”[2]，因此，学生在

实验过程中缺乏自主思考性、主动性和创新性，难以获得较强的实践能力和解决问题的能力。

(二) **热学实验课教学方法比较传统**。热学实验课在开展时通过课前发放学习手册，学生通过学习手册预习实验内容，学习手册中明确给出了需要测量和记录的实验数据，比如在液体汽化热的实验中，学习手册上就给出了水的汽化热的测量数据，见表 1 所示($m_1 = 28.79\text{g}$; $m_2 = 5\text{g}$; $\theta_3 = 100.00\text{ }^\circ\text{C}$)。这使得学生在整个实验过程中不需要思考待测物理量对水的汽化热有着什么样的作用，只需按照实验步骤将表格中的数据记录完成，即完成实验。实验过程中和完成实验后，学生也很少去进一步思考和探索实验中遇到的问题，无法促进学生对热学知识的深入理解，也没有通过实验课的学习充分了解热学理论和热现象在实际生活中的作用和地位。因此，整个教学模式缺乏对学生自主学习能力的培养。同时，以往的热学实验课主要采用传统的讲授法，并未将现代化的教学设备充分运用的实验教学中来，因而热学实验课缺乏生动性和直观性。

Table 1. Vaporization heat of water

表 1. 水的汽化热

编号	M_0/g	m/g	U_1/mv	$\theta_1/^\circ\text{C}$	U_2/mv	$\theta_1/^\circ\text{C}$	$M_{\text{水}}/\text{g}$	M/g
1								
2								
3								

2. 热学实验教学改革

热学实验课程的教学内容和教学方法已在不断变革。比如，有的高校采取线上问卷的方式调查了在实施教学改革后教师对自己各方面表现的满意度[3]。再如，在拉脱法测液体表面张力的实验中，有笔者认为教材上用逐差法计算焦利氏秤弹簧系数 K 的方法有些复杂，由于质量相同，因此可以先不求 $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ ，而求弹簧伸长的平均值 $\Delta\bar{L}$ ，这样在一定程度可以很好的减少学生的计算量[4]。但是，这些改进和研究还不够，所以深入研究如何有效提高热学实验课程内容的创新性和前沿性迫在眉睫。

为了充分调动学生在热学实验课程的教学过程中积极探索热现象和相关知识，有效培养学生们的动手实践能力，结合我校物理学专业热学实验课的教学现状，本文提出在以下几个方面进行教学改革。

(一) 热学实验教学内容的改革

在传统的热学实验课中，大部分实验是验证性实验，该类实验通常采用学生预习教材内容，了解实验目的、实验器材、实验原理和实验步骤后，老师在课堂上强调实验过程中的操作重点和注意事项，最后学生按照要求进行实验并对指定的物理量进行记录。比如金属热膨胀系数测定实验，实验说明书中有详细的实验目的，实验原理，实验仪器的使用方法和实验步骤，以及明确给出了实验需要测量的物理量，见表 2 所示的固体线热膨胀系数测定表。由于该实验的待测物理量已经全部给出，因此，很多学生在实验过程中并不会深入思考为什么要记录这些数据，学生潜意识里被动接受，从而只是去验证测量数据的准确性，缺乏对实验材料的选取和温度设置的自主思考。此外，学生在完成该实验后并没有直观体验到材料的热胀效应在实际生活中有哪些实际的应用，因此，很难有效激发学生的探索欲和求知欲。

我们提出从实验内容上进行改进，在原有的实验基础上，结合热学理论课的内容，进一步补充拓展性、创新性热学实验和综合性热学实验。例如，我们根据秦允豪编写的《普通物理学教程热学》第四版教材中的第一章第三节“温度 温标”内容设计创新性实验。传统的温度计利用水银的热胀冷缩特性制备而成，水银温度计的热现象明显，但是其响应时间长，温度探测精度不高，且水银材料有毒，不便于操作和封装，此外，水银温度计的测量范围较小，这限制了其在实际中的应用。为了加深学生对温度和温

标等理论知识的进一步认识和理解, 本文提出在热学实验课中开设自主设计温度计实验。根据目前温度计的发展, 为学生提供各类不同性能的热敏材料, 如光纤材料、聚二甲基硅氧烷、紫外光刻胶等, 学生通过自己调研温度计资料, 完成自主设计温度计。在该类实验中, 学生通过积极查阅资料, 进一步了解温度计的研究现状, 并能够积极参与到光学温度计的设计和制备过程中来, 充分调动学生的参与度, 从而有效激发学生学习兴趣。热敏材料通过热固化和紫外固化很容易与光纤等材料集成设计温度计, 学生操作起来简单, 结构构成简单易懂, 并且紧密联系课堂所学理论知识, 便于学生对理论知识的巩固和理解, 进一步激发学生学习兴趣。

Table 2. Determination table of the solid line expansion coefficient

表 2. 固体线胀系数测定表

温度(以室温 t_0 为起点, 每 10℃ 记录一次)	t_0 (°C)	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_3 (°C)	t_4 (°C)
实测温度					
千分表读数(mm)					
$\Delta L(mm) = \Delta L_{i+1} - \Delta L_i$					
$\alpha = \frac{\Delta L}{L\Delta t}$ ($\Delta t = 10^\circ\text{C}$)					
					$\bar{\alpha} = 17.0/10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$

目前, 我院部分物理学专业学生和集成电路专业的学生选做温度计实验。通过课堂学习, 学生对光纤温度计有了进一步的认识, 并有了强烈的探索欲望。课堂结束后, 继续参与到温度计的设计项目中, 进一步改进温度计的性能, 并成功将实践成果进行整理发表了高质量的学术论文。如 2020 级集成电路专业学生利用光纤和 SU-8 光刻胶设计温度计[5], 首先利用熔接机将光纤进行拉锥, 并在光纤锥上点涂 SU-8 微球结构, 制备高精度光纤温度计。该结构采用简单的熔融拉锥技术和紫外光曝光技术即可制备成功, 制备过程简单, 结构成本低。利用紫外灯对 SU-8 光刻胶微球曝光时, 仅需几秒钟就完成固化, 因此, 制备效率高。基于 SU-8 聚合物微球的光纤温度计的光学图片见下图 1 所示。该实验通过学生自己设计光纤锥的长度和形状、微球结构的距离和大小, 每个人的实验现象都有所不同, 根据理论分析, 学生优化自己设计的光纤温度计, 从而有效锻炼学生的探索能力和动手实践能力, 同时, 将课堂所学理论知识充分运用, 加深对温度计理论的进一步理解。该成果于 2023 年发表在赤峰学院学报(自然版)第 9 期 39 卷 27-30 页。再如, 2020 级物理学班学生通过拉锥制备弯曲形光纤结构, 并在锥上涂覆 PDMS 薄膜, 来进行温度测量, 结构的光学照片见图 2 [6]。结构的温度响应特性与锥的长度和弯曲的曲率半径密切相关, 同时 PDMS 的膜厚与均匀性与光谱质量紧密相关。因此通过研究这些参数对温度计特性的影响, 激发学生的研究兴趣, 并培养学生严谨的学术思维。该成果于 2023 年发表在了《光学技术》期刊, 录用时间为 2023 年 4 月 04 日, 2020 级物理学班学生为第一作者, 期刊属于北大核心期刊。以上两类光纤温度计均选择透光性好的热敏材料制备而成, 且热敏材料的热光效应和热膨胀效应显著, 因此获得的温度计灵敏度较高, 响应时间快, 且精度高, 实验效果明显。显著的实验现象更能激发学生产生强烈的探索欲和求知欲, 从而有效地激发了学生的学习兴趣。

热学实验开设在本科物理学专业和集成电路专业第二或第三学期, 该专业的学生已具备力学理论和力学实验基础, 因此, 我们可以根据力学知识和热学知识来设计一些与实际生活联系紧密或属于学科前沿发展的综合性实验。比如光纤传输性能测试实验, 光纤是一种很好的材料, 见图 3 和图 4 所示, 光纤

不仅价格便宜，而且具有高带宽、传输距离长、损耗低、免受电磁干扰、安全性高和轻便灵活等优点，在现代通信和网络领域应用广泛，是一种很好的导光材料。而部分聚合物材料便于与光纤材料集成，通过将聚合物材料制备成微结构集成在光纤端面或内部设计结构来实现应力和温度同时测量，因这些材料具有很好的透光性和较小的杨氏模量，同时又具有一定的热膨胀和热光效应，因此在压力和温度作用下，结构的某些特性随之变化，可实现温度和压力的同时监测。在实验室设计桥梁模型，将设计的传感探头用于模拟实际生活中的桥梁建筑质量的监测、工业微动损伤的探测等，实验现象明显，学生在实验后，对研究结构的意义和应用掌握到位，从而进一步激发学生的学习兴趣。该类实验结合了力学的压力知识和热学的温度知识进行实验设计，属于综合性实验。



Figure 1. Sugar-coated gourd type optical fiber thermometer

图 1. 糖葫芦型光纤温度计

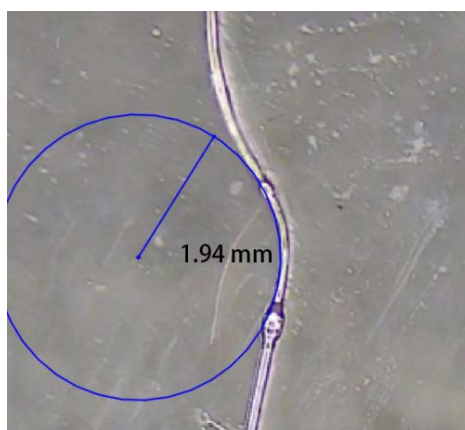


Figure 2. Curve-type fiber-optic thermometer

图 2. 曲线型光纤温度计

实验步骤如下：首先准备一段单模光纤材料，并将其端面切平整备用。利用光纤熔接机拉制一根光纤锥结构，并在锥均匀处将其切断，光纤锥的直径约为光纤直径的一半。光纤锥结构蘸取双层聚合物材料，并将聚合物材料点涂在端面平整的单模光纤纤芯处，值得注意的是双层聚合物材料不同，来保证双

参量的同时传感。每涂覆一层聚合物材料，需要将结构放入干燥箱内烘烤，使其固化。固化的聚合物微结构被牢牢绑定在了单模光纤末端面。其次，将制备的光纤探针连接好光纤连接器，将光纤的一端接到一个光源连上，将另一端连接光功率计，使用光纤测量仪器对光纤进行测量，记录下光源输出的功率和光功率计接收到的功率。然后，在聚合物微结构上施加应力和温度，记录结构的光谱变化，同时记录两个峰随温度和压力的移动情况，利用矩阵原理实现温度和压力的同时测量。该实验操作起来简单相对安全，可以让学生更深入的了材料的温度和应力特性、工作原理以等，同时，锻炼了学生实验设计与操作能力，培养了学生数据处理和分析能力，还培养了团队合作与解决问题的能力。此外，该实验有助于学生为后续专业课程的学习打下坚实基础，如《光学》、《通信原理》课程等。为学生的学业和未来的职业发展提供了有益的支持和启发。

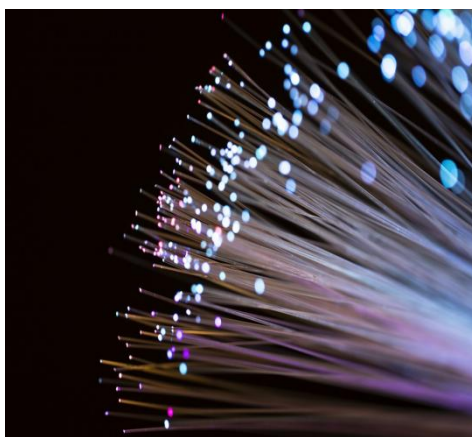


Figure 3. The LED optical fiber

图 3. LED 光纤

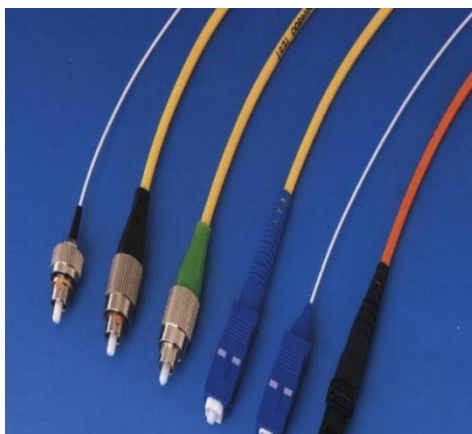


Figure 4. Common optical fiber

图 4. 常见光纤

(二) 热学实验教学改革

在传统的热学实验教学中，老师在讲解仪器设备的使用时，通常每个小组使用一个实验台，操作一套实验仪器。老师在讲解仪器的使用操作和注意事项时，学生通过观看自己实验台上的实验仪器进行学习。因为部分学生实验预习不够充分，对部分仪器的结构不能充分掌握，而听课时又无法直接观察到老师的操作，因此，导致很多仪器的使用和操作细节不能充分掌握，最终影响实验进度和效果。在有限的

课堂内, 学生无法做到思考各待测物理量的意义, 忽略了对实验内容、实验目的以及实验数据准确性的思考, 反而在实验过程中花费大量的时间反复摸索仪器的操作。同时, 课堂上, 老师讲解仪器的使用方法后, 仍然需要大量时间为学生解答仪器使用操作方面遇到的问题, 学生对实验内容理解不充分, 且学习过程中不能有效激发对实验现象的学习兴趣。

利用演示实验法开展热学实验项目可以让学生更加直观的观看到实验现象和实验仪器的使用操作, 因此可以有效激发学生对实验的学习兴趣, 培养学生的创新实践能力。以拉脱法测液体的表面张力实验为例, 通过将拉脱法实验设计成演示实验, 通过投影、VR 等手段让学生先直观的观看金属框在液体中拉断一瞬间的现象, 了解水膜的变化过程, 从而更加明确实验数据中各个被测物理量的意义, 同时也可以让学生充分了解仪器的构造和使用方法, 在课堂上给学生们进行生动的演示, 使学生对科学概念、和应用场景有更深入的认识。结合目前生活中与表面张力有关的现象, 与实验相融合, 并提出为什么要计算表面张力大小和计算表面张力大小可以帮助我们认识哪些问题, 促使他们产生兴趣和好奇心[7][8]。

此外, 在日常学习过程中注重对学生热学理论和热现象在实际生活中应用的培养和引导, 例如, 可以多开展一些与热学理论知识和热现象有关的讲座, 让学生更多的了解这门课程相关前言知识。同时, 合理利用相关教学和科研实验平台, 尝试开放相关实验室和实验平台, 为学生提供创新实践的机会, 并合理安排课程的考核方式, 设定实践环节在总成绩中的占比, 激励学生积极参与课外实践活动, 并培养学生养成良好的自主学习习惯, 如学生需要合理安排课后时间, 与实验室管理人员预约实验仪器设备的使用, 提交合理的实验方案给实验指导教师等[7][8][9][10], 通过该方法充分调动学生学习兴趣。

现在, 随着信息技术的普及和活动性教学的提倡, 教学内容更加注重培养学生的综合素质和创新能力, 使教育更加符合时代的需求。通过引入多媒体教学、演示法教学、创新实验等方式, 使教学内容更加丰富, 教学方法更加生动有趣, 进一步激发学生的学习兴趣, 提高学习的积极性和主动性, 将所学理论知识更好的应用于实践[7]。

(三) 科学研究情怀的激发

当今时代, 世界正经历百年未有之大变局, 科技创新是其中一个关键变量。目前, 我国在热学领域取得了一些重要的成就, 比如我国在热电材料的研究方面取得了重要突破。热电材料能够将热能直接转化为电能, 具有重要的节能和环保潜力, 我国科学家在热电材料的合成、改性和性能优化等方面进行了重要研究, 并取得了一系列创新成果, 通过将热电材料引入课堂设计实验, 介绍我国热学方向发展现状, 激发学生投身于科学研究工作中来, 为祖国的科学事业贡献自己的力量; 此外, 习近平总书记曾说“绿水青山就是金山银山”, 自然与人类和谐相处直观重要。因此, 在热学实验中介绍我国城市供热系统优化研究取得的积极进展, 我国在提供可靠供热的同时, 也非常注重对环境的保护, 通过提高供热系统的效率、减少能源消耗和碳排放, 培养学生树立和践行该理念, 坚持节约资源和保护环境是基本国策[11]。因此, 通过以上方式进一步培养学生对热学科学的热爱, 对祖国的科技发展有着充分的自信, 以便他们未来能够为祖国的科学研究做出贡献。

3. 结论

大学热学实验课教学改革是提升教育质量和培养高素质人才的关键一步。我校通过在热学教学内容中融入创新性和综合性实验, 在教学方法上融入现代化教学方法和理念, 打破传统热学实验课的束缚, 来有效激发学生的兴趣, 培养学生实践创新能力和自主学习能力。学生通过积极地探索和动手实践, 真正理解热学的奥秘, 享受到热学带来的乐趣和成就感。同时, 通过为学生提供更多的学习资源和实验平台, 激发他们的学习兴趣和创造力。相信通过这样的努力, 学生将在热学领域有更加出色的表现, 为科学的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 屠飞泉, 万猛, 孙斌. 大学热学课程基于多维度评价的教学模式改革探讨[J]. 遵义师范学院学报, 2023, 25(2): 109-110+116.
- [2] 姜成果, 张勇. 提高热学实验教学质量的探索与实践[J]. 实验室科学, 2018, 21(4): 107-109+112.
- [3] 谭俊英. 高质量发展背景下地方高校教学改革实践问题与对策[J]. 科教导刊, 2023(6): 7-9.
- [4] 舒象才. 对几个热学实验方法和计算方法的改进[J]. 怀化师专学报, 1999(5): 49-50.
- [5] 袁平. 信息技术促进物理热学实验教学创新的研究[J]. 信息通信, 2014(12): 276.
- [6] 董艳红. 地方高校物理学专业《热学》教学改革的研究与实践[J]. 中国科技信息, 2010(10): 225-226.
- [7] 李敏, 白茹冰, 丛爱民, 等. 糖葫芦型光纤传感结构的制备及特性研究[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2023, 39(9): 27-30.
- [8] 李延皓, 丛爱民, 李敏, 等. 基于聚二甲基硅氧烷的曲线形光纤锥温度传感结构[J]. 光学技术, 2023(11): 1-6.
- [9] 田雁. 基础物理实验课程教学改革的探索[J]. 物理通报, 2015(11): 7-11.
- [10] 姚翔华. 力学、热学实验教学改革方案的实践[J]. 蒙自师范高等专科学校学报, 1998(S1): 66-67.
- [11] 廖婧茜, 袁满. 课程改革的价值流变与社会担当[J]. 内蒙古社会科学, 2023, 44(3): 183-190.