

燃烧热测定实验的课程思政设计

肖厚贞¹, 王明玉¹, 刘用¹, 劳邦盛¹, 卢凌彬², 庾名槐^{3,*}

¹ 海南大学化学化工学院, 海口 570228

² 海南大学材料科学与工程学院, 海口 570228

³ 海南大学物理与光电工程学院, 海口 570228

摘要: 采用线上+线下混合式教学模式开展教学改革, 将热带作物材料和产品, 包括椰肉、椰子油和油棕果实引入物理化学经典实验项目——燃烧热的测定。通过本实验, 学生不仅掌握了块状固体、粉末状固体、液体三种不同外貌样品燃烧热的测量技术, 还了解了“健康中国”“乡村振兴”“可持续发展”等国家战略的内涵和重大意义, 丰富了课程内容, 提高了学生学习的积极性, 增强了教学过程中立德树人的协同效应, 取得了良好的教学效果, 具有很好的示范推广价值。

关键词: 物理化学实验; 燃烧热的测定; 课程思政; 教学设计; 热带作物

中图分类号: G64; O6

Course Ideological and Political Design of Combustion Heat Measurement Experiment

Houzheng Xiao¹, Mingyu Wang¹, Yong Liu¹, Bangsheng Lao¹, Lingbin Lu², Minghuai Yu^{3,*}

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China.

² School of Materials Science and Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China.

³ School of Physics and Optoelectronic Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China.

Abstract: The teaching reform has adopted a blended teaching approach that combines online and offline methods. This approach incorporates tropical crop materials and products, such as coconut meat, coconut oil, and oil palm fruits, into the combustion heat determination experiment, which is the classic physical chemistry experiment. In the process of the experiment, the students not only mastered the measurement technology of combustion heat of three kinds of samples—solid blocks, powdered solids, and liquids, but also gained an understanding of the connotations and significance of national strategies like “Healthy China”, “Rural Revitalization”, and “Sustainable Development”. The reform enriched the course content, enhanced students’ enthusiasm for learning, and strengthened the synergistic effect of moral education during the teaching process, leading to a positive teaching outcome and demonstrating excellent potential for widespread adoption.

Key Word: Physical chemistry experiment; Combustion heat measurement; Course ideology and politics; Teaching design; Tropical crop

收稿: 2023-10-09; 录用: 2023-11-24; 网络发表: 2023-12-01

*通讯作者, Email: yumh005@126.com

基金资助: 海南大学课程思政教学研究项目(hdsz2226); 海南大学“金课”建设项目(hdjk2020052); 海南大学2022年教育教学改革研究项目(HDJG-Y202216)

1 引言

燃烧热的测定是高校普遍开设的物理化学实验经典项目^[1-4]。通过实验学生不仅可以巩固称量、液体量取等基本实验操作，还能掌握用氧弹式热量计测量燃烧热的实验技术。本实验操作时间长，过程较注重细节，对培养学生严谨细致的实验习惯、坚韧的品质具有重要的意义。改革前，实验以苯甲酸为标准物，萘为测量物进行实验操作，两种测试物都为粉末状，压片后用坩埚装样，大部分同学都是按照教学要求按部就班地完成实验，积极性不高，兴趣不浓厚，课程中也缺乏思政元素，未达到课程思政协同育人的教学要求。为此，我们从实验材料、装样方式、教学模式等方面进行教学改革，将热带特色作物材料引入实验中，不仅可以培养学生用环保、可持续发展的理念进行化学实验设计，还可以引导学生重视健康文明生活方式，理解乡村振兴，服务“三农”的深远意义。

2 实验基本情况

2.1 实验原理

燃烧热是热化学中很重要的基础数据之一，除了具有实际应用价值外，利用燃烧热可以求算化学反应的生成热、键能等。测量燃烧热所用仪器叫氧弹式热量计。氧弹式热量计测量的基本原理是能量守恒定律，即样品在氧弹中完全燃烧所释放的能量使得氧弹本身及其周围的介质温度升高，假设系统与环境之间没有热交换，测量介质在燃烧前后温度的变化值，就可求算该样品的恒容燃烧热，其关系式如下^[5]：

$$-nQ_v - m_2Q_2 - 5.98V = K\Delta T$$

式中 n 是燃烧样品的物质的量， Q_v 为样品的恒容燃烧热，如标准压力，20 °C条件下，苯甲酸的恒容燃烧热为 $-3226.9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (或 $-26430 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$)， m_2 是引燃丝的质量， Q_2 为引燃丝的恒容燃烧热，其热值为 $-1400 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ ， V 为 $0.100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠的体积，5.98表示每毫升碱液相当于氮气氧化生成硝酸的热值， K 为热量计的热容，指热量计(包含水和系统内的其他物质)升高1 °C所吸收的热量，单位为 $\text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}$ 。

每台热量计的 K 值都不一样，需要测定，测定方法是：用已知燃烧热的定量标准物质(一般为苯甲酸)，在热量计中完全燃烧，测定燃烧前后的温差 ΔT ，便可计算出 K 。

2.2 仪器和药品

仪器：氧弹式热量计(南京桑力电子设备厂)、氧气钢瓶、氧气表、压片机、电子天平。

药品(教改前)：苯甲酸、萘。

2.3 实验步骤

2.3.1 热量计热容的测定(详细步骤，请参照参考文献^[5])

- (1) 称取0.8 g左右的苯甲酸，同时用分析天平称出引燃丝(长度约为10 cm)的质量。
- (2) 在压片机上把苯甲酸压成片丸，再称量压好的片丸，然后小心地将片丸放在坩埚中部。
- (3) 把含样品的坩埚安装在氧弹中。
- (4) 向氧弹中充入约2 MPa的氧气。
- (6) 在内筒中加入3 L调节好温度的水，将温度传感器插入内筒水中
- (8) 开启搅拌开关，进行搅拌。
- (9) 待内筒水温基本稳定后，按要求记录水温的变化，再按点火按键，点火成功后，继续按要求记录水温的变化，直到实验结束。

(10) 取出氧弹，倒出溶液，并用少量的蒸馏水洗涤氧弹内壁，将洗涤液收集在锥形瓶中，用酚酞做指示剂，以 $0.100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氢氧化钠溶液滴定。

(11) 倒去内筒中的水，用毛巾擦干全部设备，待用。

2.3.2 测定萘的燃烧热

称0.6 g左右的萘，重复2.3.1小节中的操作，测定萘的燃烧热。

3 课程思政案例的设计与实施

3.1 案例的导入

党的十九大提出“实施健康中国战略”，它基于人民对美好生活的需求，旨在全面提高人民健康水平，促进人民健康发展，预防重大疾病。据报道^[6,7]，长期吸入含苯空气对机体有一定危害，苯的毒性特别是三致作用引起有关学者的高度重视。在实验设计中，倡导绿色环保理念，我们引入植物材料，减少实验过程中废弃物对环境的污染，营造健康舒适的环境是保证人们身心健康的前提。人的生命质量和精神状态与饮食营养也有密切的关系，合理膳食、保持营养均衡是预防疾病的重要措施。在烹调和食品加工过程中，我们经常使用食用油，它不仅改善了食品的风味，并且补充了某些低脂肪食品的营养成分，从而提高了食品的热量。

椰子和油棕是热带特色农作物，也常作为景观植物(图1)。成熟椰子果肉中含油量高达34% (以湿基计)，将它提取出来得到的就是椰子油，初榨椰子油不仅椰香味浓郁、色泽清亮、口感醇厚，还保留了含量较高的生育酚、植物甾醇和多酚等营养成分，被誉为最受欢迎的功能性油脂^[8,9]。油棕果实的果肉(中果皮)榨出的油叫棕榈油，由油棕果实果仁(内核)榨出的油叫棕榈仁油。棕榈油由于性状稳定，含有丰富的维生素E和类胡萝卜素等营养成分，被广泛应用于食品加工及饲料等行业^[10]。



图1 校园椰子树和油棕

随着经济水平的提高，人们的饮食品种越来越丰富，但是过量摄入会引起肥胖，从而影响人的生命健康，因此在烹调和食品加工的过程中，用什么油、用多少量，日益受到人们的重视。通过测量椰肉、椰子油和油棕果实的燃烧热值，引导学生均衡饮食，健康生活，同时了解热带油料作物的发展前景，提高服务“三农”的意识。

3.2 实验的创新设计

椰子树和油棕在校园常见，教师课前采集椰子和油棕果实，准备椰子油，见图2。取椰子肉和油棕果肉，在烘箱中烘干后放于干燥器中保存备用。针对农业资源与环境等涉农专业的学生，为了锻炼学生的实践能力，进一步了解本地农作物，知农、爱农，促进“耕读教育”，也允许学生自行采样，并在教师的指导下进行预处理。



图2 实验材料

教师在课前预做实验，确定椰子肉、油棕果肉、椰子油的适宜重量，以及样品的装样方式和引火丝的安装方式对实验的影响，以便在课程中引导学生顺利完成实验。

经预实验，确定椰子肉用坩埚直接装样；椰子油用药用胶囊装样，再放于坩埚中；苯甲酸按教材采用压片机压片，再用坩埚装样，如图3所示。各样品都采用引火丝直接接触样品的方式进行安装。椰子肉和椰子油的适宜重量为1.05 g左右，棕榈果肉的重量为0.95 g左右。其他测量方法与2.3.1小节步骤基本一致。

如上可知，对比传统实验方法，改进后的实验测量物绿色环保、处理简单、操作简便，不仅拓展了测量方法，保护了生态环境和师生的健康，还可引导学生关心身心健康，增强服务“三农”的意识。

因椰子和油棕为热带植物，其他地区若不容易获取，教师可结合地方特点采集其他农作物进行替代，如花生、山茶果、油菜籽等，椰子油也可用花生油或山茶油代替，设计思路可参考本文。

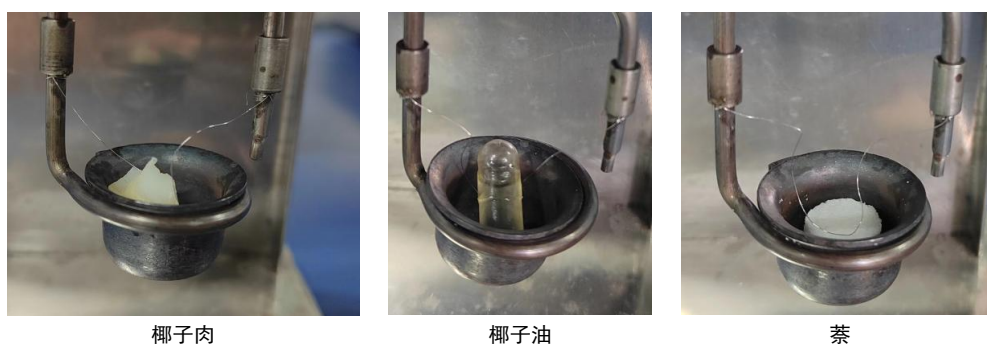


图3 样品装样方式

3.3 案例的实施

3.3.1 课前案例讨论

学生课前通过阅读教学平台提供的参考文献^[11,12]，了解食品燃烧热对引导膳食结构调整和健康饮食的作用，要求以小组为单位讨论块状固体或液体物质燃烧热的测定方法有哪些。

3.3.2 课前培养自主学习能力

课前学生根据教学平台提供的教学视频和PPT，如图4(a)，针对实验原理、实验操作步骤和实验注意事项进行预习，并在规定时间内完成在线测试，也可登录校园网学习资源平台进行燃烧热仿真实验的操作，熟悉操作流程，如图4(b)。教师根据学生观看视频的统计数据和预习测试结果了解学生的预习情况，对没有预习的同学进行及时提醒，并在线回答或讨论学生预习中碰到的问题。预习分数计入实验总成绩(占10%)，促使学生积极主动预习，培养学生的自主学习能力。



图4 平台提供的学习资料(左)；燃烧热仿真实验(右)

3.3.3 课中培养学生的动手操作能力和严谨、务实的科研精神

课中教师不再详细讲解实验原理，主要把时间用于简要梳理实验原理的思路、解答学生的疑问及讲解预习测试中错误率较多的题目，并随机安排1–2组学生讲解不同外貌性质食品燃烧热测定的方法，把更多的时间留给学生交流和思考，如在教师的引导下通过讨论交流进一步了解“健康中国战略”、服务“三农”与燃烧热的关系；拓展测定材料；如何进行实验的绿化设计等等。

实验中分成3个大组(油棕组、椰肉组、椰油组)同时进行实验操作。每个大组又分成4–5个小组，每个小组2个人。每个小组的学生根据样品的性质和教师的提示，通过讨论交流确认样品的装样方式和引火丝的安装方式。

实验操作过程中教师在实验室循环走动观察学生的实验情况，对学生操作过程中有明显错误的地方及时给予纠正和指导，对一边做实验一边看视频或教材的同学给予提醒，应熟悉操作步骤后再动手操作，同时对学生的操作情况和数据记录是否规范和科学进行评价。发现不规范的数据记录要求学生重写或整改，促进学生养成准确、规范、完整地记录原始数据的良好习惯。杜绝抄袭或造假，一经发现，要求其重做并扣操作分，培养学生严谨、求真务实的科研精神。

3.3.4 课后实验报告的撰写

每个小组独立完成实验后，把数据发到班级微信群进行数据共享，分工合作有利于培养学生的团队合作意识，明白个人与团队的关系，加强协作和交流，促进学生努力学习避免成为团队的“短板”。

课后各小组根据要求完成实验报告的撰写，对不同实验条件下得到的结果进行分析讨论。跟学生强调，结果的分析讨论应该包含三部分内容：(1) 总结各样品的燃烧热值是多少，需查相关的文献，跟文献值进行比较分析；(2) 进行误差分析，分析实验中需要注意的关键点，可提出改进措施；(3) 根据各样品的燃烧热值，结合其营养价值，针对饮食搭配提供合理建议，并进一步分析开发椰子和油棕产品对发展热带农业、带动乡村振兴的意义。鼓励学生发挥想象，例如，食品类专业的学生可提出利用椰子和棕榈油进行食品加工的创意；化工类的学生可研究椰子油和棕榈油的活性成分等等。

3.4 课后拓展

课后学生还需要完成以下内容：

(1) 教师在网络教学平台布置题目进行头脑风暴活动：① 燃烧热在科研和生活中的应用有哪些？② 油棕果肉纤维、果仁粉饼、果壳均为生物质燃料，可进行燃烧发电，但三者的燃烧热值各不相同，请查相关文献，简要设计测量方案，确定最佳配方，保证锅炉的平安运行^[13]，然后分析可再生能源对维护能源安全、实现可持续发展和农民致富的重要意义。学生在网络教学平台直接参与活动(图5)。对参与活动的学生给予一定的分值进行奖励，激励学生勤于思考，善于分析，同时促进学生燃烧热测定应用的理解，学以致用。

(2) 要求学生在网络教学平台阅读发布的“胡日恒的故事”的相关文档，化学家胡日恒在燃烧热量计的研制过程中，经历了精度为1%、0.1%、0.007%到0.003%多个发展阶段，他将毕生精力奉献给科学事业，为我国物理化学事业的发展和跻身国际先进行列做出了不可磨灭的贡献。通过老一辈科学家的故事激发学生的家国情怀、自豪感和吃苦耐劳的科学精神。

(3) 要求学生在网络教学平台阅读文献资料(图4(a))，了解椰子和油棕产品的基本生产和应用情况以及乡村振兴背景下构建可持续发展椰子产业体系或热带木本油料产业体系的基本思路，鼓励学生发挥专业优势，为乡镇振兴和农业的可持续发展献智献力，并把结果写在实验报告的结论分析环节或以网络作业的形式进行提交。

4 实施建议与效果考核

教师通过网络平台的数据统计、预习测试、实验报告、头脑风暴活动等多样化的形式对学生进

行能力和素养的考核。为实现专业课与课程思政的同向同行，我们制定了相关评价标准，按照产出导向对课程教育目标的达成情况进行考核(表1)。

结果显示，用椰肉、椰子油和油棕果代替萘进行教改实验后，大大提升了学生的实验兴趣，降低了实验对人体健康的危害，激发学生从自身出发倡导健康文明生活方式。通过实验学生不仅掌握了不同样品装样的处理方式，还加深了对可持续发展理念的理解。学生深入了解海南特色热带植物，对于热带作物的商业发展大有裨益，增加了学生的社会责任感和民族自豪感。



图5 头脑风暴活动

表1 课程思政教学目标达成度考核设计

课程思政教学目标	考核形式	考核标准
科学素养水平之一知识技能：理解实验原理	预习测试、实验报告、期末测试评分	理解有关燃烧热的基本概念，会进行相关知识的计算
科学素养水平之二实验技能：掌握燃烧热的测量技术	操作过程、期末测试评分	熟悉操作流程
科学素养水平之三科学精神：严谨规范的科研习惯、求真务实的科学态度、分工协作的团队精神、敢于创新、不屈不挠的意志品质	操作过程评分	细心观察实验现象；能够规范记录原始数据；小组分工合作；能够处理不同外貌样品的装样方式；实验出现问题时是否主动想办法解决并获得良好结果
关心国事、家事：理解国家“实施健康中国战略”和“乡村振兴”战略的意义，关心家人及民众的生命健康	实验报告评分	能够根据燃烧热值分析说明椰子油和棕榈油对饮食健康的影响，并对其开发提出合理的建议，理解科技服务“三农”，带动乡村振兴的意义
社会服务和责任：理解可持续发展、国家能源安全战略	实验报告、头脑风暴活动打分	了解生物质燃料的概念，理解生物质燃料对维护可持续发展和国家能源安全的意义。
家国情怀：具有民族自豪感和文化自信	教学平台数据统计打分	了解胡日恒的生平事迹

本实验教改过程中,教师需要注意以下几方面工作:(1) 为了达到较好的实验效果,教师应提前把样品烘干并进行预演实验,确定样品的质量和装样方式;(2) 椰子的栽培类型、产地对椰子肉的营养成分有显著影响^[14],进而对燃烧热的数据也会产生有一定的影响,需引导学生进行科学的分析;(3) 椰子油采用胶囊装样时可采用注射器注射,计算时应扣除胶囊的热量。

5 结语

本课程思政教学案例对经典物理化学实验——燃烧热的测定进行了改进,从单一测量萘,改成了测量椰肉、椰子油、油棕果实三种热带特色植物的燃烧热,不仅使学生掌握了更多的实验技能,实现了实验过程绿色化,还将“健康中国战略”、服务“三农”和可持续发展意识有机融入实验中,提高了学生的综合素养,在教学中做到了“知识传授、能力培养、价值引领”三位一体课程效果的育人模式,是一个值得继续挖掘、推广的优秀课程思政教学案例。

参 考 文 献

- [1] 吉林大学,朱万春,张国艳,李克昌,徐家宁.基础化学实验(物理化学实验分册).第2版.北京:高等教育出版社,2016.
- [2] 四川大学化工学院,罗澄源,向明礼,等编.物理化学实验,第4版,北京:高等教育出版社,2004.
- [3] 同济大学,浙江大学,合编.许新华,王晓岗,王国平,主编.物理化学实验.北京:化学工业出版社,2017.
- [4] 复旦大学,等编.物理化学实验.庄继华,等修订.北京:高等教育出版社,2004.
- [5] 张军锋,庞素娟,肖厚贞.物理化学实验.第2版.北京:化学化工出版社,2021.
- [6] 王献仁,尹先仁,郭润荣,张丽霞.环境与健康杂志,1995, No. 2, 67.
- [7] 丛黎明,胡家庆,李爱师.中国预防医学杂志,2002, No. 3, 96.
- [8] 张建国,李瑞,宋晨也,宋菲,王挥,夏秋瑜.中国油脂,2022, 47 (12), 84.
- [9] 雷昌贵,孟宇竹,陈锦屏,张晓东,蔡化真,张旭伟.中国油料作物学报,2023, 45 (3), 454.
- [10] 胡明明,季敏,马银辉,牛跃庭,陈诗晴,王丹丹, Yoong, J. H.; Sundram, N. B.; Kuntom, A. H. 中国油脂,2021, 46 (8), 123.
- [11] 王雨东.科技信息,2014, No. 3, 182.
- [12] 徐爱列,周建青,王永宁.中国中医药信息杂志,2007, No. 8, 44.
- [13] 王振江,周长鲜.四川电力技术,2006, No. 6, 82.
- [14] 唐龙祥,牛聪,杨伟波.热带农业科学,2023, No. 5, 1.