

HPS 视域下高中地理气候变化教育 实验教学探索^{*}

——以“碳排放与温室效应”为例

许福慧¹ 陈 实²

(1.青岛市城阳第一高级中学, 山东 青岛 266108; 2.华中师范大学 城市与环境科学学院, 湖北 武汉 430079)

摘要: 全球气候变化正在发生, 并将持续影响自然环境和人类社会。气候变化教育是帮助公众应对气候变化的重要手段。学校气候变化教育是教师帮助学生提升气候变化素养的桥梁和载体。本文以“碳排放与温室效应”为例, 运用HPS教育理论, 以地理实验为基本教学环节, 围绕温室气体验证实验, 有序组织气候变化科学史、气候变化科学哲学、气候变化社会学相关材料, 设计探究活动和气候变化教育实验评价表, 提升学生的地理实践力, 培养学生的气候变化素养和科学素养。

关键词: HPS教育理论; 气候变化教育; 高中地理; 实验教学

中图分类号: G633.55

一、引言

气候变化是影响全球的复杂性事件, 它对地球生态环境与人类社会系统产生了重大影响。^[1]作为负责任的大国, 中国政府积极参与全球气候治理。气候变化教育致力于帮助学生认识并理解气候变化、促成学生态度和行为的转变, 以期学生获得应对气候变化的能力、提升气候变化素养。^[2]气候变化教育有助于学生将个人理想与应对气候变化的国家战略结合起来。

地理学科具有帮助学生树立正确环境观念的独特育人价值。地理学科因其内容设置与气候变化关系最为密切, 是渗透气候变化教育的重要载体。《普通高中地理课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“新课标”)提出要创新培育地理实践力的学习方式。^[3]地理实验是培养地理实践力的重要途径。HPS视域下的实验教学能够还原科学家的研究过程, 并在课堂上创设科学探究的具身环境。学生在进行地理实验过程中, 学习科研技能与方法, 逐步形成认真严谨、科学求实的意志品质。教师引导学生合作完成实验设计、实验操作、现

象观察、现象描述、实验记录等环节, 培养学生的操作技能和问题解决能力。开展地理实验有助于发挥地理教育的价值、培养勇于应对环境问题的积极活跃公民。

据此, 本文探讨高中地理气候变化教育实验教学课例。以地理实验为学生创建具身学习、合作学习、探究学习的平台, 增强学生对气候变化科学的认知, 进而提升其气候变化素养和地理实践力。

二、HPS视域下高中地理气候变化教育实验教学路径

1. HPS 视域下高中地理气候变化教育

HPS是科学史(History)、科学哲学(Philosophy)与科学社会学(Sociology of Science)的简称, 旨在将科学史、科学哲学与科学社会学融入科学课程, 培养公众的科学精神。^[4]HPS视域下高中地理气候变化教育通过创设追溯科学历史事件的情境, 激发学生探索气候变化真理的热情; 通过搭建提升科学哲学思维的脚手架, 深化学生对气候变化科学本质的认识; 通过调动投

^{*} 本文系华中师范大学教师教育专项研究项目“课程思政与师范专业类课程融合的路径探讨”(项目编号: CCNUTE2021-1)的阶段性研究成果。

身科学造福社会的决心,激励学生担当应对气候变化的责任。

2.HPS 视域下气候变化教育实验教学路径设计

教师开展HPS视域下气候变化教育实验教学有助于推动学生实施气候友好行为。气候变化教育不仅要达到传授气候变化知识的目的,而且要引导学生以科学、公正的态度应对气候变化。HPS视域下实验教学注重给予学生成功的实践体验,提升学生对气候科学家的信任,培养学生尊重事实、探索真理、勇于创新的精神。气候探究过程及科学结论是教师设计实验教学的优质资源。

简化后的气候科学实验降低了学生理解气候知识的难度,且较容易操作,有助于达到良好的“知”与“行”教学效果。

根据新课标对地理实验和气候变化相关要求的要求,本文运用HPS教育理论,按照实际科学研究过程组织课堂实验环节,将科学家的科研探究与学生的课堂实验对应起来,得出HPS视域下气候变化教育实验教学路径(见图1)。学生完成课堂实验后,教师应补充本次实验结论的其他相关研究,凸显科学结论的发展性,使学生认识到质疑与批判同样是科学研究的一部分。

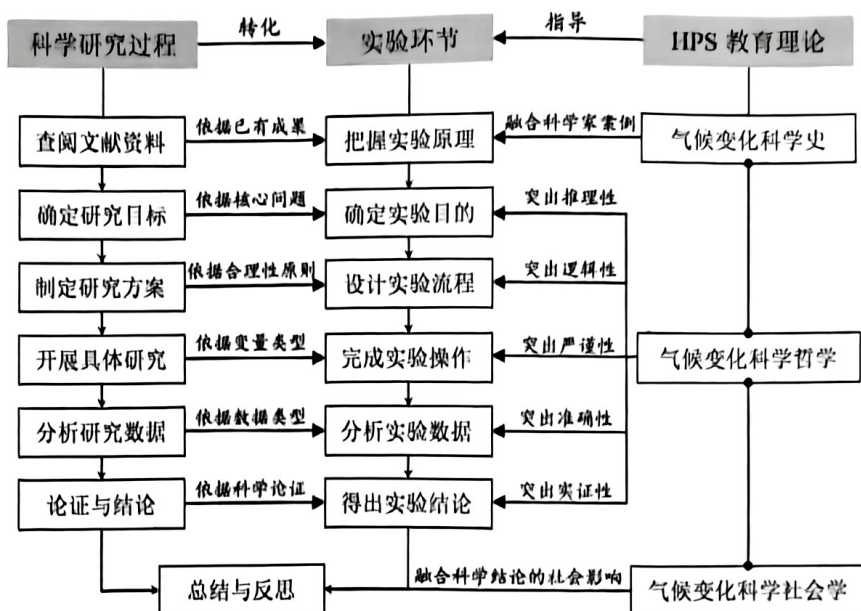


图1 HPS视域下气候变化教育实验教学路径

三、HPS视域下高中地理气候变化教育实验教学设计

本文以湘教版选择性必修3《资源、环境与国家安全》第三章第一节中“碳排放与温室效应”为例,依据HPS视域下气候变化教育实验教学路径,设计具体教学案例如下。

1. 实验教学目标设计

新课标对气候变化相关知识的要求是“运用碳循环和温室效应原理,分析碳排放对环境的影响,说明碳减排国际合作的重要性”。本框题“碳排放与温室效应”要求学生能够说出碳排放的概念,并运用温室效应原理,阐述温室气体的概念及对环境的影响。气候变化实验教学可以帮助学生直观认识温室气体的性质,深入理解温室效应的原理,为学生灵活运用该原理分析碳排放对人类社会和自然环境的影响奠定基础,进一步促进学生地理实践力和人地协调观的发展。具体目标如下:①运用真空压缩袋、温度计、二氧化碳发生器等器材,

开展温室气体验证实验,认识二氧化碳的吸热特点;②运用温室效应原理,分析大气中二氧化碳等温室气体浓度升高的原因及对环境的影响;③通过尤妮丝·富特等科学家的科研经历,认识人类在文明进步中的决定性作用,积极参与气候友好行动、培养科学精神。

2. 实验教学思路设计

展现傅立叶对温室效应的猜想,引导学生回忆已有知识(大气保温作用)。通过完成尤妮丝·富特验证温室效应的简化实验,引导学生自主回答两个问题——温室气体与其他气体有什么区别?二氧化碳为什么是温室气体?实验后,教师补充约翰·丁达尔验证温室效应物理原理的相关资料,使学生认识科学的严谨性和实证性,积极参与气候友好行动。以融合HPS教育理论的地理气候变化教育实验,引导学生认识科学家的探究过程、进行气候变化的哲学性思考、正确对待科学本质,产生由“知”到“求知”的转变(见图2)。

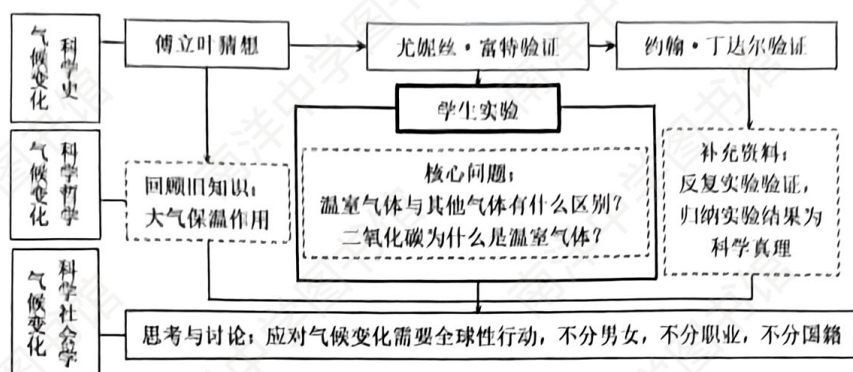


图2 教学设计思路

3. 实验教学过程设计

(1)环节1: 创设情境、提问激疑

教师播放温室效应起源的视频, 展现傅立叶对温室效应的猜想: 地球就像一个温室, 如果没有大气, 地球会冷很多; 大气就像一种单面镜, 可见光可以透过, 但红外辐射无法射出。由此引发思考: 结合大气保温作用相关知识, 你是否赞同傅立叶的猜想, 并给出理由。

设计意图: 通过播放视频, 帮助学生了解温室效应来源于傅立叶的猜想; 引导学生回忆大气保温作用的原理, 并运用该原理表明对傅立叶猜想(温室效应)是否认同, 从而加深学生对温室效应的理解, 为探究二氧化碳等温室气体的作用奠定基础。

(2)环节2: 验证猜想、开展实验

基于学生对温室效应的理解, 教师引出温室气体

的概念, 并设置核心问题——温室气体与其他气体有什么区别? 二氧化碳为什么是温室气体? 而后教师提供实验指引, 师生共同设计实验步骤, 协助学生完成分组探究实验。实验后, 教师追问: 如果某一时期地球大气中二氧化碳所占的比例增加, 全球的气温会如何变化? 为何工业革命以来, 全球气候变化以变暖为主要特征? 教师通过层层设问, 引导学生思考温室气体对环境的影响。

学生在实验前需要熟悉实验器材及步骤(见表1)。各小组分别制备“气体袋”, 阳光下每隔2~3分钟观测“气体袋”的温度并记录(见图3、图4)。基于实验数据, 绘制各气体相对普通空气升温度数随时间变化的折线图(见图5)。最后根据实验现象, 小组讨论形成实验结论。

表1 温室气体验证实验

实验名称	温室气体验证实验
实验目的	探究温室气体与其他气体在阳光照射下的升温差异
实验器材	衣物真空压缩袋(5个)、真空泵、室内温度计、胶带、氯化钙干燥剂、水、氧气瓶、自制二氧化碳发生器(气瓶、小苏打和明矾)
实验步骤	A组任务: 用胶带将室内温度计固定于衣物真空压缩袋中, 在衣物真空压缩袋中放入适量水, 尽可能装满空气, 密封后摇晃, 保证仍有水剩余, 袋外贴上标签“饱和湿空气” B组任务: 用胶带将室内温度计固定于衣物真空压缩袋中, 在衣物真空压缩袋中放入适量氯化钙干燥剂, 尽可能装满空气并密封, 袋外贴上标签“干燥空气” C组任务: 用胶带将室内温度计固定于衣物真空压缩袋中, 在衣物真空压缩袋中尽可能装满空气并密封, 袋外贴上标签“普通空气” D组任务: 用胶带将室内温度计固定于衣物真空压缩袋中, 使用真空泵将衣物真空压缩袋中的空气抽出, 在袋外贴上标签“氧气”, 并将氧气瓶中的氧气压入“氧气袋”, 尽可能装满气体并密封 E组任务: 用胶带将室内温度计固定于衣物真空压缩袋中, 使用真空泵将衣物真空压缩袋中的空气抽出, 在袋外贴上标签“二氧化碳”。运用小苏打和明矾自制二氧化碳, 通过导管将生成气体充入“二氧化碳袋”中, 尽可能装满气体并密封 共同任务: ①将5个气体袋留置阴凉处达到相同温度后, 再转移至阳光下; ②每隔2~3分钟观测并记录温度; ③绘制各气体相对普通空气升温度数随时间变化的折线图(以记录时刻为横坐标, 以对应时刻的干燥空气、饱和湿空气、氧气、二氧化碳的温度与普通空气的温度差为纵坐标)
实验现象	各气体袋中气体升温速率不一, “二氧化碳袋”中气体升温速率快; 各气体袋中气体升温幅度不一, “二氧化碳袋”中气体升温幅度大
实验结论	与干燥的空气相比, 潮湿的空气吸收太阳光热量的能力更强; 二氧化碳浓度高的气体在太阳光照射下升温最明显; 温室气体与其他气体相比可使地球变得更温暖
备注说明	为了保证课堂教学效率, 应选用较小规格的衣物真空压缩袋; 若课堂制备二氧化碳的速率较慢, 教师可选用干冰挥发产生二氧化碳气体
设计意图	引导学生完成尤妮丝·富特验证温室效应的简化实验, 使其直观看到二氧化碳浓度高的气体在太阳光照射下升温最明显, 进一步将二氧化碳吸热特点与全球气候变化联系起来, 有助于提升其地理实践力



图3 阳光下放置气体袋



图4 学生定时测温

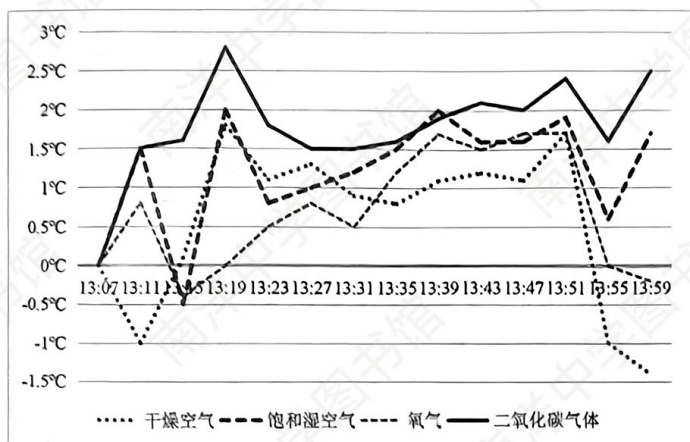


图5 各气体相对普通空气升温图

(3)环节3: 揭示背景、总结升华

教师补充以下材料。

材料一: 该实验是尤妮丝·富特验证温室效应的简化实验。尤妮丝的研究产生于20世纪中叶, 而此时公众尚未开始重视气候变化问题, 这一研究并未得到很大关注, 甚至在某杂志上的摘要只把研究者标注为伊莱沙·富特的太太(伊莱沙为尤妮丝的丈夫)。

材料二: 温室效应的物理原理再次得到了验证。

约翰·丁达尔使用先进的仪器设备和标准化实验室, 成功测量了空气中不同成分吸收的红外辐射热量, 其结论与尤妮丝基本相似。丁达尔被称为“现代气候科学之父”。

任务设置: 请学生在组内讨论以下问题并派代表发言。为什么温室效应要进一步验证? 为什么尤妮丝的研究没有得到很大关注?

教师总结: 科学成果的得出需要经过大量实验, 准确性、严谨性和实证性均是科学的基本属性。因为历史上女性科研者所面临的不利条件, 尤妮丝没能继续她的研究, 无法进一步拓展她对气候变化的思考。但对于现代气候科学而言, 女性同样贡献了重大力量。应对气候变化需要全球性行动, 不分男女、不分职业、不分国籍。

设计意图: 学生能够认识到人类在文明进步中的决定性作用, 积极参与气候友好行动。

四、HPS视域下高中地理气候变化教育实验教学评价

新课标要求教师注重表现性评价, 结合学生学习结果和学习过程, 对学生的地理基础知识、地理能力及情感态度价值观进行评价。气候变化教育地理实验突出培养了学生的实践技能, 是由知识层面向态度、行为层面的深化。故实验教学评价应以帮助学生理解 and 解决当今的气候变化问题为导向, 由“知”到“行”设置评价指标。本文参照气候变化知识和态度问卷及科学实验评价表,^{[5][6]}设置了HPS视域下气候变化教育“碳排放与温室效应”实验评价表(见表2)。评价指标具体包括: 气候变化知识水平、气候变化科学探究过程的认知水平、气候变化科学实验操作水平、气候变化科学实验分析水平、气候变化科学实验探究态度、气候变化科学辩证思维能力和践行气候友好行为的意愿。本文运用SOLO分类理论评定学生的实验学习效果, 学生学习程度由低阶到高阶依次为前结构水平、单点结构水平、多点结构水平、关联结构水平和拓展抽象结构水平。^[7]通过层次化、可观测、可测量的表现性评价指标, 评价学生在气候变化教育实验中的素养提升情况。

表2 HPS视域下气候变化教育“碳排放与温室效应”实验评价表

评价指标	水平等级表现	赋分	自评	互评	师评
气候变化知识水平	前结构水平: 对气候变化知识没有准确认知, 存在错误	1			
	单点结构水平: 能说出单个或简单的气候变化知识, 无法联系其他知识	2			
	多点结构水平: 能说出多个气候变化知识, 无法联系其他知识	3			
	关联结构水平: 能建立气候变化知识间的联系, 解决简单问题	4			
	拓展抽象结构水平: 能迁移运用气候变化知识解决复杂问题	5			
气候变化科学探究过程的认知水平	前结构水平: 对气候变化科学探究的环节没有准确认知, 存在错误	1			
	单点结构水平: 能说出单个气候变化科学探究的环节, 无法联系其他环节	2			
	多点结构水平: 能说出多个气候变化科学探究的环节, 无法联系其他环节	3			

(续上表)

气候变化科学实验操作水平	关联结构水平:能建立气候变化科学探究环节间的联系,说出科学探究过程	4			
	拓展抽象结构水平:能提出气候变化科学探究过程的优化建议	5			
	前结构水平:无法完成“气体袋”的制作和测温任务	1			
	单点结构水平:能完成“气体袋”的制作或能完成测温任务,但需要指导	2			
	多点结构水平:能完成“气体袋”的制作和测温任务,但需要指导	3			
气候变化科学实验分析水平	关联结构水平:能独立完成“气体袋”的制作和测温任务,且符合规范	4			
	拓展抽象结构水平:能独立完成“气体袋”的制作和测温任务,且提出优化建议	5			
	前结构水平:无法处理气候变化科学实验数据	1			
	单点结构水平:以表格形式整理不同时刻气体温度,得出单个气体性质的描述性结论	2			
	多点结构水平:以表格形式整理不同时刻气体温度,得出多个气体性质的描述性结论	3			
气候变化科学实验探究态度	关联结构水平:以折线图形式整理不同时刻气体温度,对比多个气体性质得出结论	4			
	拓展抽象结构水平:能迁移运用数据分析后的结论,解释温室气体对环境的影响	5			
	前结构水平:对气候变化科学实验无兴趣,不愿动手操作	1			
	单点结构水平:对气候变化科学实验有兴趣,愿意动手操作单个或简单环节	2			
	多点结构水平:对气候变化科学实验有兴趣,愿意动手操作多个环节	3			
气候变化科学辩证思维能力	关联结构水平:对气候变化科学实验有较大兴趣,能够完成全部实验操作	4			
	拓展抽象结构水平:对气候变化科学实验有浓厚兴趣,能够带动组员完成操作	5			
	前结构水平:不能正确看待气候变化科学的本质	1			
	单点结构水平:能说出单个或简单的气候变化科学影响,无法联系其他影响	2			
	多点结构水平:能说出多个气候变化科学影响,无法联系其他影响	3			
践行气候友好行为的意愿	关联结构水平:能建立气候变化科学影响间的联系,解决简单问题	4			
	拓展抽象结构水平:正确看待气候变化科学影响的局限性,解决复杂问题	5			
	前结构水平:对气候变化持消极态度,并不愿践行气候友好行为	1			
	单点结构水平:能够说出并愿意践行单个或简单的气候友好行为	2			
	多点结构水平:能够说出并愿意践行多个气候友好行为	3			
关联结构水平:日常生活的行为采取气候友好导向		4			
拓展抽象结构水平:采取气候友好导向行动,并带动他人践行气候友好行为		5			
评价总分					
评价等级(31分及以上为A、25分到31分为B、21分到25分为C、21分以下为D)					

五、总结

以往高中地理气候变化教育多重视知识教学,而对实验教学研究较少。本文设计HPS视域下气候变化教育实验,引导学生认识温室气体的性质、明确碳排放对全球气候变化的影响,激励学生始于问题、敢于求证、善于行动地进行气候变化学习。开展HPS视域下气候变化教育实验评价,有助于评估学生气候变化知识、态度和行为,也便于教师获得教学反馈、及时优化气候变化教育实验设计。综上,以实验教学引导学生回顾气候变化的科研历史、找准气候变化的现实影响及未来发展定位,有助于建构学生的可持续发展观。

参考文献:

- [1] IPCC.Climate Change 2021:The Physical Science Basis[EB/OL].<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>,2023-05-26.
- [2] UNESCO.Climate Change Education for Sustainable Development(CCESD)[EB/OL].<https://www.unesco.org/en/articles/climatechange-educationsustainable->

developmentccesd,2023-04-20.

[3] 中华人民共和国教育部.普通高中地理课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.

[4] 张晶.HPS(科学史、科学哲学与科学社会学):一种新的科学教育范式[J].自然辩证法研究,2008(09):83-87.

[5] E.M. Dijkstra,M.J. Goedhart.Development and Validation of the ACSI:Measuring Students' Science Attitudes,Pro-Environmental Behaviour, Climate Change Attitudes and Knowledge[J].Environmental Education Research,2012,18(6):733-749.

[6] M. David Miller,Robert L. Linn,Norman E. Gronlund.Measurement and Assessment in Teaching[M].Upper Saddle River NJ:Merrill,2009.

[7] 陆丽云,陆春芳,潘丽玲.基于SOLO分类理论的高中生地理综合思维水平评价[J].中学地理教学参考,2019(09):49-53.

(责任编辑:赵鹏飞)