

在热学中引入物理学史的教学探讨*

杨秀一 聂晶 何开棘

(辽宁科技大学理学院, 辽宁 鞍山 114051)

摘要: 热学的发展史是人类认识自然、改造自然的历史。在热学课程的教学过程中, 适当插入物理学史有利于学生掌握热学发展的本源, 感悟科学家们的科研初心, 进而提升自身的科学素质以及人文素养, 培养学生们的创新意识。本文先给出了物理学史融入热学教学的具体实施途径, 然后通过两个具体的热学课堂教学案例, 讨论了如何在热学教学中融入物理学史知识, 为完善热学德育教育方案提供了一些思路。

关键词: 物理学史 热学 德育教育 教学实践

DOI: 10.12319/j.issn.2096-1200.2022.25.103

物理学史是科学发展史, 每一次物理学上的重大突破, 都会对人类社会产生非常大的影响, 特别是近代以来, 物理学的重大进步通过技术革命转化为直接生产力, 推动了社会经济的发展。物理学史中, 很多理想模型的构建, 理想实验的建立, 促成了许多定律的发现, 这个过程是科学思想观念转变的重要过程, 因此物理学史是珍贵的史实资料, 有极高的研究价值, 同时它也是构成物理学体系中的重要组分。在当今社会, 素质教育已经被各类学校所提倡, 将物理学史加入到物理教学的课程中已经成为培养学生物理素养的一种途径。我们只有对物理学史有深刻的认知和研究, 才能够充分发挥其在物理各类课程的教学作用。在物理学史中, 我们可以挖掘出大量的德育教育元素, 这些元素, 有的是直接的, 有的是间接的。传统的课程教学过程中, 大多数的教师对课程中的德育教育元素挖掘的不够充分, 通常都是一句话代过, 或者浅尝辄止, 没有达到物理学史本该体现的育人效果。在当今“素质教育”的教学理念的指导下, 我们在进行热学课程改革时积极引入相应的物理学史, 将热学中的理论知识(显性教育)和物理学史中的德育教育(隐性教育)相结合, 从而实现传道、授业、解惑的教学宗旨^[1]。在具体的实施中, 可采用多种形式, 例如讲授法、演讲法、小组讨论法等多种教学手段, 避免单一的教学手段让学生产生厌学情绪, 以多种形式展开, 丰富学生课堂的同时, 也潜移默化地将德育教育融入课堂中, 增强民族自豪感, 培养学生辩证唯物主义思想, 造就同学们追求真理, 投身科学事业的崇高思想境界。

一、物理学史融入热学教学中的实施途径

(一) 资料收集

“热学”是应用物理专业的一门重要的专业基础课,

它用统计的方法揭示出宏观热力学系统中热现象的微观本质, 所以在实践中通常作为分析和解决实际问题的基本理论依据, 在科学研究和生产实践的诸多领域起到重要的指导作用。这门课程的内容从温度的概念到热力学三大定律的形成, 凝聚了众多科学家的心血, 从一次次的推论, 实验然后得出结论, 这是一段艰辛的历史, 也是人类认识自然, 改造自然的历史^[2]。我们可以粗略地将其划分为四个阶段, 第一个阶段是十七世纪末到十九世纪中叶, 这个阶段是热学的早期史, 当时的工程师们进行了大量实验, 从纽可门机到瓦特蒸汽机再到高压蒸汽机, 实现了解放双手, 开启了工业革命, 大大提高了生产效率。在这个阶段, 关于“热量”的本质到底是什么? 这曾是历史上长期争论的问题, 这里面涉及众多的物理学家和各种著名实验, 例如, 伦福德的大炮钻孔实验, 焦耳的热功当量实验等。第二阶段是十九世纪中到十九世纪70年代末, 热力学和分子运动论在这个阶段发展起来了, 这里涉及的有著名的物理学家卡诺、焦耳、亥姆霍兹等。第三阶段是十九世纪70年代末到二十世纪初, 统计热力学诞生, 在这一阶段中, 热力学第三定律被提出, 这个阶段可以列举的物理学家有克劳修斯、玻尔兹曼, 汤姆逊等。第四个阶段是二十世纪30年代至今, 由于很多现象, 已经无法用经典热力学来解释, 因此建立了量子统计力学, 这里涉及的物理学家如玻色、费米等。一门科学的研究, 都要有衡量性质的量和概念。《热学》中也是如此, 比如温度, 热量、内能等。以往教师只是单纯地给出物理概念, 并讲解其物理意义, 如果教师加入这些概念产生的历史, 可以加深学生对概念的理解, 同时修正日常生活中的名词和物理概念之间的差别, 使得原来的扁平的物理概念丰满化, 更重要的是通过对比和讨论,

*项目名称: 辽宁省2021年优质教学资源建设与共享项目: 跨校修读学分背景下《理论力学》授课方式的改革探索。

学生们会对这些概念的使用更加谨慎，避免出现使用不当导致考试时候给出错误答案，同时，也在潜移默化中培养了学生们严谨的科学观，在后续的学习课程《热力学与统计物理》中，有着大量的推导解析过程，很多时候“牵一发而动全身”，如果前面一个小的地方设定有偏差会导致整个推导都是错误的，严谨的逻辑思维能大概率避免类似错误的发生。我们在这里主要选择收集重点概念、定理、定律、实验中所涉及的视频和文字资料，通过对科学故事的叙述或者科学家生平的介绍，培养学生的科学素养，以及对学进行德育教育。此外，尤其注重收集中国科学家的相关资料，在教学中引入近代的物理学家，可以建立学生大国自豪感和民族自豪感，从而进行爱国主义熏陶。

值得注意的是，科学的道路是不平坦的，科学家们的成功之路也是很艰辛的，对某一个概念或者定律的认识很多时候不是一步到位，中间的过程可能充满了曲折艰辛，甚至有时候会有迂回的过程，任何一个物理概念，定律，都有着独特的教学价值可以挖掘^[3]。从教材和教学的角度来看，教师似乎更愿意用一些成功的实验或者案例来导入一节课的教学，而前人们那些所谓的不成功的实验或者中间过程通常都被忽略掉。但当我们认识到有些案例可能会带给我们更深层次的启发时，我们就有必要认真查找历史资料，深入挖掘那段历史后面藏着的科学家的思维方法和教育意义。比如在定义理想气体时，开始时候人们给出的定义是严格遵守理想气体物态方程的气体；后来又发现理想气体是严格服从焦耳定律的，因此就有人认为：只有严格遵守理想气体物态方程和焦耳定律的才是理想气体；之后人们又证明：凡严格遵守理想气体物态方程的气体必定也严格服从焦耳定律。最终给出理想气体的宏观定义为：严格遵守理想气体物态方程的气体称为理想气体。虽然开始的定义和最终的定义一样，但是这中间过程对理想气体的深入认识，不可忽略，这个概念的确定过程是螺旋上升的

（二）资料的共享

近年来，随着互联网技术的快速发展，基于“互联网+”的线上教学模式逐渐兴起。“超星学习通”“中国大学MOOC（慕课）”“雨课堂”“钉钉”等多个教学平台纷纷出现，极大地缩短了教和学、师与生之间的距离^[4]。当我们把线上和线下教学手段有机结合，让原来的板书教学和媒体辅助教学都发挥各自的优势，就会形成1+1>2的教学效果。比如我们在热学的教学中，可以借助公众号、微博等平台共享一些关于热学史的视频和文字资料。鉴于本校使用的是超星学习通平台，我们将一些物理史上的名人（此处不局限于热学史上的）的视频和著名的物理事件放在对应章

节中，便于学生随时随地查看和学习，同时也可以将一些包含物理学史的知识点插入到超星学习通的随堂练习中。

（三）适当引入热学史

课堂上引入热学史，需要针对不同的知识点精心设计，才能真正起到活跃课堂氛围，引发学生的思考与讨论的目的，“热学”课堂上这样的案例有很多，比如教师在讲到卡诺循环的时候，可以将卡诺的生平引入，让学生们了解当时热机效率这个问题出现的历史背景^[5]。此外，讲解时，可以加入卡诺当年证明卡诺定理时候，是以“热质说”为前提和利用了热力学第一定律，如果他当时抛弃了“热质说”，他就有可能发现热力学第二定律。这也给同学们启示，有时候创新要敢于打破权威。另外，在当今环境下如何提高热机效率的前提又保护环境，我们更应该致力于大力发展绿色能源。用合适的物理学史来作为课堂的导入，让学生先产生兴趣，再循序渐进地进入课堂的学习氛围，更加自然和生动。

（四）学生展示

学生独立做演讲展示是培养学生综合运用所学知识开展创造性思维和能力训练的过程，对热学中一些定律的产生经历的讨论也类似头脑风暴，以小组的形式完成一个ppt展示，并计入平时成绩，小组作业让学生们之间的交流增加了，也让彼此之间合作的默契增强了，学生们通过对ppt展示制作的整个过程，增强了学习热学的兴趣，也增强了同学间的协作意识，每一次查阅资料，每一次整理成稿，都能让学生们感受到获得知识和技能的喜悦，同时也能够体会物理学家们探索物理学真理的艰辛与曲折^[6]。

二、教学实践案例

（一）玻尔兹曼熵公式

当我们讲授热力学第二定律的数学形式的时候，需要由一个假想实验——气体自由膨胀中分子的位置分布来引入玻尔兹曼熵^[7]。在实验中，四个带颜色的气体分子小球，可以分布在左右两个容器中。宏观状态可以比喻为每一个确定的球数分布（即左右两个容器内的球数），每一种具体的分配法相当于一种微观状态。为了定量地说明宏观状态和微观状态的关系，将与任一给定的宏观状态相对应的围观状态数，称为该宏观状态的热力学几率 Ω 。为了在宏观上定量描述平衡态时候系统的无序程度，在1877年玻尔兹曼提出了用系统平衡态的热力学几率 Ω 来定义一个态函数熵 S ，用来表示系统无序程度的大小，后来普朗克将玻尔兹曼的关系简写为 $S=k\ln\Omega$ ，式中 k 为玻尔兹曼常数^[8]，成为反映自然界普遍规律的六个基本常数之一。熵与热力学几率成正比这个具有深远科学思想是玻尔兹曼独创的。玻尔兹

曼关系不仅描述了热力学第二定律的统计意义，而且还表达了自然界遵循的统计性规律。彼时，原子、分子的客观现实性还没有被科学界普遍承认，因而经常有一些学术争论，当时的知名学者马赫和奥斯特瓦尔德从根本上否定分子原子的存在，连支持分子运动论的洛施密特对此提出质疑。玻尔兹曼清醒地认识到自己是正确的，因此始终坚持他的统计理论。1906年9月5日，玻尔兹曼在意大利特里亚斯特自杀身亡，他逝世不久，法国物理学家佩兰关于布朗运动的实验，直接证明了原子论的正确性。玻尔兹曼的“原子论”与奥斯特瓦尔德的“唯能论”之间的论战，最终玻尔兹曼取胜。

在这里我们加入玻尔兹曼熵的历史以及玻尔兹曼的生平，但是我们挖掘课程德育教育元素不止是玻尔兹曼对科学的那份执着情怀，还可以将玻尔兹曼熵广义化，玻尔兹曼熵公式不仅给热力学熵以统计解释，而且由于在社会生活、生产和科学实验中存在大量的概率事件以及由此所描述的不确定性问题，都可以用统计解释。因此熵的应用范围已经远远超过热力学范围。比如在讲解熵与环境的关系时，让学生明白，只有环境的熵减少，地球才能不断发展，我们每个人都应该尽可能地让自己的熵增加减少，才能让地球这个生态系统越来越有序。比如生活中尽量使用环保购物袋就是让环境熵减少的方法，推进节能减排，避免资源浪费。当然这里除了环境熵还有信息熵、物质熵、精神熵等等一系列，教师可以酌情扩展。

（二）麦克斯韦速度分布律的实验验证

在讲解用分子射线实验验证麦克斯韦速度分布律的时候^[9]，可以特别地介绍一下中国的物理学家葛正权1934年的实验。

1859年，麦克斯韦就采用数学统计方法从理论上导出麦克斯韦速率分布律^[10]。但在那个年代，由于技术条件的限制——主要是高真空技术和测量技术等，要进行实验去验证这个分布律是不可能的。直到20世纪20年代，随着真空技术的不断改善和提高，特别是当时分子射线实验技术的发展，使得实验验证得以进行，最初是著名德国物理学家斯特恩使用银蒸气分子射线进行的实验验证，遗憾的是，他的实验未能给出定量的结果。

我国的物理学家葛正权当时在美国攻读博士，他的课题是验证麦克斯韦速度分布律，他采用的是铯蒸气源，也就是将固体金属放入容器中，然后加热器壁形成金属蒸气，之后让蒸气通过狭缝校准后形成分子射线，让铯分子进入空心圆筒中，此时的空心圆筒以一定的角速度在旋转，不同速度的铯分子会打在圆筒玻璃板不同的位置。找出圆筒

中玻璃板上铯厚度随着圆筒上弧的变化关系，就给出了速率分布的规律。虽然在1955年美国哥伦比亚大学的密勒和库士更加精确地验证了麦克斯韦速率分布定律。但在当时，葛正权实验的成功使得中国学者在外国人的眼中的地位得到了提升，同时也激励了当时在欧美留学的中国留学生。

通过对这段历史的学习，使学生更加深刻体会时代与科技紧密相连，葛正权不畏艰难，开拓创新。而在特殊的年代，葛正权所表现出来的爱国主义，更值得当代青年学习并以中国拥有这样的科学家而自豪。

三、结语

物理学史是珍贵的历史资料，在热学的课堂教学中适当插入物理学史，可以快速地让学生融入课堂内容的产生背景中。引发学生对课程内容的兴趣，使得进入课堂内容变得自然而不生硬；同时，课堂上学生的分组讨论和ppt展示演示环节，丰富了热学中的推导建模等课程内容；另外，互联网教学平台上的视频和物理学史故事使得课堂上的定理和定律更加鲜活。总之，将物理学史融入热学的教学中，使理论知识和德育教育相结合，可以加强对物理专业学生的综合素质培养。

参考文献

- [1]吴涛,刘阳,王世芳.物理学史融入“大学物理”课程思政的路径研究[J].大学,2021(40):97-99.
- [2]李椿,章立源,钱尚武.热学[M].北京:高等教育出版社,2015.
- [3]黄大平,李德安.不该被忽视的物理学失败史——以“划时代的发现”为例[J].物理教学探讨,2018(6):70-72.
- [4]何敏,江燕燕,章礼华.在力学中引入物理学史的教学探讨[J].安庆师范大学学报,2018,24(4):114-116.
- [5]刘世兴,花巍,刘畅等.浅谈物理学史课程思政教学[J].科教导刊-电子版,2022(4):141-143.
- [6]王雪方.在大学物理教学中引入物理学史的探讨[J].黑龙江科学,2021,12(1):39-41.
- [7]张晓森,曲忠伟.统计力学的奠基人——玻尔兹曼[J].物理教师,2016,37(1):68-69.
- [8]冯端.溯源探幽:熵的世界[M].北京:科学出版社,2009.
- [9]巴兹尔·马洪,肖明译.麦克斯韦:改变一切的人[M].长沙:湖南科学技术出版社,2011.
- [10]杨建邺.物理学之美[M].北京:北京大学出版社,2019.