



基于“物理争论”的高中物理教学策略

黄年 韩琴 袁海泉

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2023-05-26)

摘要:以高中物理教材中提到的几次重要物理争论为例,提出了3条基于“物理争论”的教学策略,以此阐述如何用好物理学史中的争论这一丰富的教学资源,发展学生的物理学科核心素养。

关键词:物理争论;教学策略;核心素养

在物理学史上,对同一物理问题的认识,由于客观事物的复杂性,看问题的角度不同等因素,研究者们往往因存在多种不同的看法而发生争论。这些争论促进了物理学的发展。教师若能重视“物理争论”这一教学资源,开展与“物理争论”相关的教学活动,将有利于培养学生的物理学科核心素养。本文以高中物理教材中提到的著名物理争论为例,探索如何发挥物理争论的教育功能。

1 回溯争论源头 形成物理观念

普朗克曾说,“在科学史中,一个新概念从来都不会是一开头就以其完整的最后形式出现。”^[1]而在当前物理概念教学中,直接向学生呈现概念的标准定义及内涵的教学方式依然普遍,这虽利于提高教学效率,但对促进学生深度理解概念仍有不足。学生不易从更高的视角把握物理概念间的联系。因此,物理概念溯源是一个值得探究的主题。

“物理争论”为我们打开了一扇深度理解物理概念的“窗口”。教师可以创设争论情境,鼓励学生像科学家一样思考,从而更好地理解概念的来龙去脉,促进学生物理观念的形成。下面以“历史上关于运动量度的争论”为例,通过回溯争论源头,帮助学生深度理解动量、动能这两个重要概念。

【教学案例】

在力学体系的形成过程中,碰撞被用来描述物体间的相互作用,笛卡儿、惠更斯、莱布尼兹等人对

这一问题进行了系统的研究。他们对碰撞问题的探讨引起了关于运动量守恒的争论^{[2]87-91}。教师可以指导学生搜集相关资料,并在“辩论式课堂”中鼓励学生结合自己的理解,提出观点、给出依据、发现问题,在争论中明晰动量和动能这两个概念,从而更好地理解两者的联系与区别。

【教学片段】

师:人类探索自然的一个基本信念是宇宙中存在某些永恒不变的东西。在物理学中,有关物质和物质承载性质的不变性表现为一系列守恒律。今天我们将开展一场“哪个物理量在运动过程中守恒,可作为运动量度”的主题辩论。

生甲:在打击现象中,打击效果与锤子的重量和速度存在密切关系,越重的物体,或者速度越快的物体,打击效果越强。可以猜想,打击效果和重量与速度成正比关系。因此,物体的运动应该用重量与速度的乘积来度量。如果考虑碰撞实验,这种运动还是可以传递的,一个运动的球撞上另一个运动的球时,前者的运动减少,后者的运动会增加^[3]。(基于伽利略、笛卡儿的观点)

生乙:当明确定义了质量的概念后,你说的这个描述物体运动的物理量其实是动量,要注意的是,动量是矢量。通过弹性摆球的碰撞实验可知,两个物体所具有的运动量在碰撞时可以增加或减少。若规定一个正方向,通过计算可知碰撞前后的总动量是相等的。因此,物体的运动应该用动量来度量。(基于惠

作者简介:黄年(1999-),男,硕士研究生,主要研究方向为中学物理教学。

通讯作者:韩琴(1981-),女,副教授,硕士生导师,主要研究方向为物理教学论。

更斯的观点)

生丙:我不赞成你们的观点,来看这样一个情景,1 kg物体下落4 m和4 kg物体下落1 m,两种情况所得的效果相同,因为它们对地面引起的形变相同^[4].但是根据自由落体定律,前者落地时的速度为 $\sqrt{8g}$,后者为 $\sqrt{2g}$.两者质量与速度的乘积 mv ,即动量并不相等,相等的是质量与速度平方的乘积 mv^2 ,即动能.因此,应该用 mv^2 来度量物体的运动量.(基于莱布尼兹的观点)

生丁:在两车碰撞实验中,两辆小车碰撞前后动能之和并不相等,但是质量与速度的乘积之和却基本相等.由此看来, mv^2 在非弹性碰撞这一运动情形中并不守恒,如何解释这一问题?(对丙的观点进行质疑)

生丙:碰撞中亏损的 mv^2 ,分散到组成物体的各个小部分中了.所以碰撞物体在整体上减少的 mv^2

并未消失,只是被物体内部的微小粒子吸收了,微粒的 mv^2 增加了^{[2]90}.(主张 mv^2 是运动过程中的不变量)

师:同学们的观点分为两类,一种主张 mv 是运动过程中的不变量,另一种主张 mv^2 是运动过程中的不变量,且都给出了相应的理由,大家对这一问题怎么看? mv 和 mv^2 作为运动量度有其特定的适用条件吗?

学生思考、讨论.

师:历史上达朗贝尔对这一争论作了总结, mv 和 mv^2 是从不同的角度描述了运动的守恒性.瞬时的碰撞可以用 mv 作为守恒量来描述,但是涉及到其他能量形式时应该用 mv^2 来量度.回溯这段争论历史,同学们对动量和动能这两个物理概念有了哪些更深入的认识呢?

教师引导、学生总结如表1所示.

表1 辩论式课堂成果总结

主题	哪个物理量可以作为运动的量度(运动量守恒的争论)	
观点	用 mv 作为运动的量度	用 mv^2 作为运动的量度
代表人物	笛卡儿	莱布尼兹
经历争论过程后对物理量的深度理解	(1) 动量表达机械运动传递的本领. (2) 动量决定了物体在力的阻碍下能够运动多长时间,通过动量可以知道某一物体达到一定速度在多大的力下需要作用的时间.动量定理体现了力对时间的累积效应. (3) 在不发生机械运动和其他形式的运动能量转化的情况下,运动的传递和变化情况可以用动量量度	(1) 动能表达物体所具有的做功本领. (2) 动能决定了物体在力的阻碍下能够运动多远距离,通过动能可以知道某一物体达到一定速度在多大的力作用下沿着力的方向需要移动的距离.动能定理体现了力对空间的累积效应. (3) 当发生了机械运动和其他形式的运动能量转化时,运动的传递和变化情况应用动能量度
争论的结果	动量 mv 、动能 $\frac{1}{2}mv^2$ 都是描述物体运动状态的物理量,从不同的角度描述了运动的守恒性.动量定理从时间角度考虑运动物体的功效,动能定理则是从距离角度考虑	

教学总结:开展“历史上关于运动量度的争论”有助于学生深度理解动量、动能,促进学生形成运动与相互作用观念、能量观念等物理观念.

2 推敲争论过程 培养科学思维

物理争论是培养学生科学论证能力不可多得的素材.在课程标准提到的科学思维的要素中,科学论证是基于科学推理的高阶思维^[5].科学论证是以科学知识为中介,对所获得的实验数据进行解释说明,提出论点,思考自己和他人论点的不足,同时能辩驳他人的质疑和批判的思维能力^{[6]56}.下面以探索“热

的本质”争论为例,探讨如何运用物理争论培养学生的科学论证能力.

【教学案例】

科学知识源于人们的生产、生活实践,是人们在实践中研究、总结并被实践验证其正确性的结论,除了对自然界和现象进行描述,科学还要解释世界为什么如此.热质说和热动说就是人们基于众多热学现象,对“热的本质”的不同解释^{[7]155-164}.

教师首先提供这一争论的阅读材料,引导学生根据 CER 框架(claim-evidence-reasoning)模型建立论证框架.具体框架如表2、表3所示.

表2 基于 CER 框架分析“热的本质:热质说”

问题	主张	证据	推理
热的本质是什么	热是一种特殊的物质实体	(1) 在金属焙烧实验中,焙烧后的金属重量增加。 (2) 在相等体积的水银和水混合实验中,平衡温度的数值不等于二者初始温度的平均值。 (3)“潜热”现象,如水沸腾变成水蒸汽的过程中,只吸收热量,温度并不升高	(1) 焙烧后的金属重量增加是因为加热时金属吸收了“火粒子”。 (2) 物体容纳热物质的本领,即热容量是不同的.水银对热物质的容量比水小,水银只需要较小的热量就可以将温度提高到同样的度数。 (3) 热在水沸腾时被水吸收并在水汽化时进入水汽成为它的组成部分,这部分热质是“潜热”

表3 基于 CER 框架分析“热的本质:热动说”

问题	主张	证据	推理
热的本质是什么	热是一种特殊的运动	(1) 伦福德的炮筒镗孔实验发现“由钻头加工炮筒时摩擦产生大量的热”。 (2) 戴维通过在玻璃容器中两块冰摩擦而融化的实验发现,冰融化成水并升温到冰点以上。 (3) 焦耳关于热功当量的实验,成功测出热功当量的数值	(1) 如果把热看作一种物质,认为热来自于钻腔机切开的金属片,根据潜热和热质理论,金属片的热容量应该大到足以产生所有热的源泉,但实验测得钻孔前后金属和碎屑的比热发现,钻削不会改变金属的比热,说明产生的热不是来自金属的潜热或热质,而是来自于运动。 (2) 热质说假定物体受到摩擦后会由于热容减小而使热质溢出,使物体的温度上升,即冰的热容量要减少,但事实是水的热容量比冰大得多,冰一定要吸热才能变成水,因此热质不存在。 (3) 由热功当量系列实验可以得出:热和机械功是可以互相转化的,热是一种能量.热和机械功的联系论证了热作为物体粒子运动模型的理论

师生对科学论证过程进行总结:

(1) 证据的重要性.任何假设、推断、解释、结论、质疑都必须建立在充足可信的证据基础上。

(2) 抽象思维的应用.在争论中,科学家以热为对象,通过建立概念,如热容、潜热等,经过科学推理解释物质的形态、结构、性质、运动规律及物质之间的相互作用,达到对事物的本质特征和内在联系的认识^{[6]55}。

(3) 科学探究的过程.观察和提出问题、形成假设、检验求证、得出和解释结论、交流和应用等过程构成了科学探究^{[2]96}。

教学总结:“热的本质”争论的特点在于科学与技术的紧密联系.认识这场争论有利于培养学生的科学论证能力,增强问题、证据、解释、交流等与科学探究相关的重要意识。

3 梳理争论历程 认识科学本质

科学本质是指对科学知识、科学研究过程、科学方法、科学精神、科学的历史、科学的价值、科学的限度等方面最基本特点的认识,是一种对科学本身全面的、哲学性的基础认识^{[6]59}。广义的科学本质教育是指一切能够促进学生科学本质认识提升的教育教学活动。

物理争论作为科学史中的重要部分,可以具体呈现科学家们认识事物的过程.对物理概念、物理规律的认识过程进行梳理,有助于培养学生的科学本质观.下面以“光的本性”争论为例,探讨在教学中如何增进学生对科学本质的认识。

【教学案例】

光的本性问题是贯穿在光学发展中的一个根本问题.对光的本性的探讨推动了光学以及物理学整体的发展.在教学中,教师可以先带领学生系统梳理历史上对光的本性的认识历程^{[7]145-155},再进行问题讨论.对光的本性争论历程的梳理如表4所示。

问题讨论 1:为什么说杨氏双缝实验有力地证明了光的波动理论?

教师可以从多角度启发学生思考.干涉是波具有的特征,是证明波动说正确性的重要证据.很多科学家曾尝试通过实验发现光的干涉现象,但都没有成功,难点在于只有两列频率相同、相位差恒定、振动方向一致的相干光才能产生光的干涉.杨氏双缝实验设计的巧妙之处在于通过分波阵面法解决了这一难题,成功观测到了光的干涉现象,从而有力地证明了光的波动说.由此我们可以看到科学家的创造力对科学发展的重要作用,也可以认识到实验证据的重要性^{[2]128-129}。

问题讨论 2:“光的本性”争论能带给我们哪些关于科学本身的认识?

师生可以从科学知识的本质、科学研究的本质等维度进行探究,如:

(1) 科学知识具有暂定性和相对性. 科学作为一种理论知识体系的静态性与认知活动的动态性的组合,不管是光的微粒说还是光的波动说占上风,都表明的是特定历史阶段与条件下科学家对光的本性这一问题所作的最好解释^[8].

(2) 科学研究是一个永无止境的探究过程. 光的本性的争论过程,呈现了一种问题(现象)→检验

(理论解释)→问题(新现象)的动态变化过程^[8]. 学生可以体会到“科学知识不是绝对的,科学主张会随着新证据的出现发生改变”等观念^[8]. 人们对光的本性的争论过程印证了“真理是具体的有条件的,追求真理是一个过程. 从实践到认识、从认识到实践的循环是一种波浪式前进或螺旋式上升的过程”等哲学思想.

教学总结:对“光的本性”争论教学采取了HPS(科学史、科学哲学、科学社会学)教学模式. 介绍这一物理争论,可以具体展示科学研究的曲折历程,培养学生的科学本质观.

表 4 光的本性争论历程回顾

所处时期	微粒说	波动说
古希腊时代 (思想渊源)	德谟克利特等人认为光是物质微粒	亚里士多德提出的视觉理论中的“中间物质”包含着光的波动思想
17世纪 (创立时期)	牛顿提出光是由一颗颗机械微粒所组成的粒子流	胡克认为光是由发光体的振动在媒质中引起的一系列扩散. 惠更斯认为光是在“以太”媒质中传播的球面纵波
19世纪 (发展时期)	马吕斯偶然发现光的偏振现象,这是“把光看成纵波”的观点难以解释的	托马斯·杨进行双缝实验,提出干涉理论,并测定了光的波长. 他认为光是在充满整个空间的以太流体中传播的弹性振动. 菲涅耳提出衍射理论,泊松亮斑实验支持了这一理论,他与阿拉果用光的横波理论解释了光的偏振现象. 斐索、傅科先后测定光速,证明了光在光密介质中的传播速度小于光疏介质,进一步肯定了光的波动说. 麦克斯韦从理论上预言了光是一种电磁波,并被赫兹实验证实
20世纪 (认识深化)	爱因斯坦提出光子假设,解释光电效应,提出光既有波动性又有粒子性; 德布罗意提出物质波假说,认为不仅是光,一切实物粒子都具有波粒二象性; 格劳伯提出了“光子的相干性量子理论”,描述了光量子的运动规律,揭示了光量子的特性	

4 结束语

除了本文提到的物理争论外,科学史上的物理争论素材还有很多. 教师若能重视这些素材中的育人价值,通过多样化的教学方式,探索物理学史融入课堂教学的最佳路径,将有助于提升学生的物理学科核心素养.

参考文献

- [1] Heisenberg, W. The Physicist's Conception of Nature[M]. Boston: D. Reidel pub. Co, 1973: 264.
- [2] 田春风. 物理科学本质教育的理论与实践[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2019.
- [3] 吴晓松, 宋蒲泉. 关于运动量度的历史辩证——兼谈几

位科学家的贡献[J]. 物理通报, 2022(7): 150-152.

- [4] 王成. 在历史中寻求“动量和动能”的联系[J]. 物理教学, 2008, 30(12): 46-47.
- [5] 韩泽宇, 苏咏梅. “科学思维”及其层次刍议——基于国际科学教育与教育心理学的视角[J]. 物理教学, 2023, 45(1): 7-10.
- [6] 教育部基础教育课程教材专家工作委员会, 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)解读[M]. 北京: 高等教育出版社, 2020.
- [7] 申先甲, 杨建邺. 近代物理学思想史[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2021.
- [8] 黄晓. 体现科学本质的科学教学[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.