



经典佯谬融入高中物理教学的价值探讨*

夏广平

(南京市金陵中学 江苏 南京 210005)

(收稿日期:2018-07-30)

摘要:在高中物理教学中,将各种经典佯谬问题的研究融入教学中有其独特的教育价值.如“自由落体佯谬”的产生是因为推理的前提存在问题,融入教学可以锻炼学生逻辑思辨能力;“孪生子佯谬”的产生是因为推理过程存在问题,融入教学可以培养学生严谨的科学态度;“泊松亮斑佯谬”的产生是因为科学理论不够完善,融入教学可以培养学生科学精神;“飞矢不动佯谬”的产生是因为研究者认知水平不足,融入教学可以加深学生对知识的理解.在高中物理教学中,教师应当充分利用这些佯谬,发挥其积极的教育作用.

关键词:佯谬 悖论 教育价值

在物理研究中,各种物理佯谬总是让研究者因为其结论的出人意料而疑窦丛生、困惑不已,同时又因为其内在的逻辑冲突性而产生浓烈的兴趣并不断求索.“佯谬”通常是指人们从某种假说出发进行逻辑推理,却导出了同事实(或可设想的事实)不符的结论,但一时又难以确定问题的所在是作为出发点的假说有错误,还是推理过程不够正确.《自然辩证法讲义》(人民教育出版社,1979年,327页)中提出:“从某一前提出发推出两个在逻辑上自相矛盾的命题,或从某一理论、观点中推出的命题与已知的科学原理产生的逻辑矛盾叫悖论.在物理学上的悖论常译作佯谬.”实际上,只要满足前述定义,与习惯思维、前概念起冲突,得到相互矛盾的推论、结论与事实不一致的问题都可以称为“佯谬”.

在科学史发展中,对一些经典佯谬问题的研究,成为科学家研究的动力,也成为科学理论深化的突破口,甚至转折点,它促使物理学家们努力去寻求更完美的理论.很多时候,经典佯谬问题的解决将会促使物理学产生一个飞跃,甚至引起一场科学革命.在高中物理教学中,各种经典佯谬问题的研究,也有着其独特的教育价值.本文将根据不同佯谬产生的原因,通过一些具体案例,分析其在高中物理教学中的

应用价值.

1 “自由落体佯谬”融入高中物理教学的价值探讨

1.1 “自由落体佯谬”简介

物理学上最著名的佯谬之一就是“自由落体佯谬”.亚里士多德在《物理学》一书中谈到:“物体下落的时间与重量成正比,例如一物重量是另一物的两倍,则在同一下落运动中只用一半时间.”这个比例定律引起不少科学家2000多年的争论,其中伽利略在研究落体运动时,对比例定律进行了考察和试验,首先在逻辑上反驳了这一学说.他是这样论证的:如果亚里士多德的论断成立,即重物比轻物下落速度大,那么将一轻一重的物体拴在一起下落,快的会由于被慢的拖着而减速,慢的会由于被快的拖着而加速,因而它将以比两个中较重的那个小的速度下落,但两个物体拴在一起又要比原来较重的物体更重,下落速度应更大.这是从亚里士多德的论断中产生的佯谬,被称为“伽利略落体佯谬”.

1.2 “自由落体佯谬”产生的原因分析

在科学的发展中,出现各种佯谬问题是非常正常的现象.一方面科学理论本身有不断完善的过程,人们对客观世界的认识总有局限性,因此在一定阶

* 江苏省教育科学“十三五”规划课题“物理文化视角下关注素养提升的高中物理教学实践研究”成果之一,项目编号:B-b/2016/02/64
作者简介:夏广平(1975-),男,硕士,中学高级教师,南京市物理学科带头人,研究方向为物理学科教学.

段,会因为对理论理解的不够全面而产生看起来不能理解的结论;另一方面即使完善的理论体系总会包含内在的逻辑矛盾,理论都有一定的适用范围,一旦超出其适用范围,应用时就可能出现佯谬、矛盾或错误。“自由落体佯谬”的出现是由于亚里士多德的“物体下落速度与其重量成正比”不正确,即推理的前提不正确而导致结论与实验或经验事实不符,出现了佯谬。

1.3 “自由落体佯谬”融入物理教学的价值分析——锻炼学生逻辑思辨能力

佯谬作为一种推理方式,在许多情况下起过反驳和证明的作用.伽利略采用了“以子之矛,攻子之盾”的方法,用亚里士多德的理论却得出了否定他理论的结论,指出了亚里士多德落体理论的破绽和逻辑混乱.佯谬的解决需要改变习惯性的思维方式,消除思维定势的消极影响,寻找新的途径来解决矛盾.在物理教学中,很多内容都隐含着佯谬的因素,教师应当有意识地将物理史上一些著名的佯谬再现并引导学生进行讨论,以佯谬解决过程中科学家的智慧来激发学生的学习欲望,从佯谬的提出、分析到解决的过程,培养学生逻辑思辨能力,以及学生思维的缜密性与创新性.

2 “孪生子佯谬”融入高中物理教学的价值探讨

2.1 “孪生子佯谬”简介

1905年爱因斯坦创立了相对论.6年后,法国著名物理学家朗之万首先提出了与该理论有关的“孪生子佯谬”问题:有一对孪生兄弟,弟弟一直留在地球上,哥哥跨上一宇宙飞船去做星际旅行,然后回到地球.按照相对论,运动的时钟变慢,弟弟看哥哥在运动,反之哥哥看弟弟也在相对自己运动,那么到底谁的钟变慢,谁更年轻呢?这一著名的“孪生子佯谬”问题自相对论时空观问世以来就一直争论至今,似乎相对论遇到了无法克服的难题.

2.2 “孪生子佯谬”产生的原因分析

任何已存在的物理理论都是相对真理,都有适用范围,牛顿力学是这样,相对论也将是这样.“孪生子佯谬”产生的根源在于推理中假定地球与飞船是

两个完全等价的惯性系,而这一点是明显错误的,因为大量实验证实,地球可以被选作惯性系,但是飞船必定不是惯性系.而狭义相对论只适用于惯性系,所以从地球这个惯性系为参考系计算出的时钟延缓效应是对的,两兄弟重逢时,哥哥要比弟弟年轻.自从相对论创立以来,围绕“孪生子佯谬”,人们争论了60多年.经过这场争论,进一步澄清了人们对相对论理论实质的模糊认识,加深了对狭义相对论与广义相对论的理论及其使用范围的理解,并进一步推动了相对论实验验证的进展.

2.3 “孪生子佯谬”融入物理教学的价值分析——培养学生严谨的科学态度

有些推理的前提是正确的,但推理过程中出现了问题,或者在推理过程中违反了一定的规则,导致佯谬的出现.佯谬问题的解决可以让研究者对一个物理概念或规律的认识从表面到本质,从片面到全面.就高中物理教学而言,根据建构主义的观点,学习的过程不是由教师向学生传递知识的过程,而是学生主动建构知识的过程.因此已有经验及新学习内容的联系状况,是实现学生主动建构学习的关键,很多内容的学习正是在不断产生的新矛盾中深化和解决的.教师引领学生回顾这些佯谬问题的解决过程,非常有助于学生对理论的条件与内涵的理解与掌握,并在此过程中培养学生严谨的科学态度.

3. “泊松亮斑佯谬”融入高中物理教学的价值探讨

3.1 “泊松亮斑佯谬”简介

在牛顿的光的“粒子说”(1704年出版《光学》)和惠更斯的光的“波动说”(1678年发表的《光论》)的论战中,1818年,“粒子说”的积极拥护者、法国科学院著名科学家泊松在审查菲涅耳的论文《关于偏振光线的相互作用》时,运用了菲涅耳提出的波动方程推导圆盘衍射,通过数学演算,得出一个不符合常规的结论:在圆盘后方一定距离的屏幕上,影子的中心应出现亮点.泊松依据这一看似不可能的“佯谬”,声称光的“波动说”理论被驳倒.菲涅耳和朋友阿拉果勇敢地面对自己的理论结出的“佯谬”之果,

对实验仪器精心改造,终于非常精彩地证实了菲涅耳理论的结论:影子的中心出现了一个亮斑.

3.2 “泊松亮斑佯谬”产生的原因分析

这种情况是指推理的前提和推导过程都是正确的,并且结论也是正确的.但是这一结论在当时与一般的经验事实矛盾,超出人们的科学理论认知水平,被人们认为是一个佯谬.这种佯谬的产生更让人们进一步深入对科学的探索,当理论进一步完善,能够作出合理的解释时,佯谬的问题也得到解决.这一事实轰动法国科学界,这一“佯谬”的消除,既显示了泊松深厚的数学功底,也成就了菲涅耳“物理光学的缔造者”的荣耀,这个亮点也戏剧性的被称为“泊松亮斑”,为“光的波粒二象性”学说的发铺平了道路.

3.3 “泊松亮斑佯谬”融入物理教学的价值分析——培养学生的科学精神

每一个经典佯谬的解决过程,都体现了科学家们可贵的科学精神.科学精神是人类在对世界特别是对自然界的探究中形成的一种可贵的精神状态,体现了科学探索者的追求真理、实事求是、信念坚定、敢于质疑、勇于创新、思维理性、人文关怀、牺牲精神等品质.类似的例子还有很多.19世纪末,“紫外佯谬”等一系列新发现证明了经典物理学的缺陷,相对论和量子力学的诞生把人类的时空观和物质观带入了更深的层次;在宇宙学的发展过程中,德国天文学家奥尔勃斯提出的“光度佯谬”和西利格尔提出的“引力佯谬”,深刻揭示了以牛顿力学和欧氏几何为基础的“均匀无限宇宙模型”存在的自身无法克服的逻辑矛盾,正是为了消除这两个佯谬,爱因斯坦修正了关于无限空间的概念,并根据广义相对论提出了“有限无边宇宙模型”,从而为相对论宇宙学的创立奠定了基础.在教学过程中,应当充分利用这些佯谬素材,讲述物理学史,展现矛盾冲突,给学生科学精神的教育.

4 “飞矢不动佯谬”融入高中物理教学的价值探讨

4.1 “飞矢不动佯谬”简介

古希腊有一个著名的“飞矢不动佯谬”.公元前

5世纪埃利亚哲学家芝诺提出:飞着的箭在任何瞬间都是既非静止又非运动的.如果瞬间是不可分的,箭就不可能运动,因为如果它动了,瞬间就立即是可以分的了.但是时间是由瞬间组成的,如果箭在任何瞬间都是不动的,则箭总是保持静止.所以飞出的箭不能处于运动状态.看似简单的问题,把当时那些自鸣得意的哲学家们震惊得不知所措.

4.2 “飞矢不动佯谬”产生的原因分析

“飞矢不动佯谬”问题的症结就在于人们对极限的思想不习惯、不理解、不接受.与之相关的是这个著名的运动佯谬为2000年后的第二次数学危机(关于微积分的大争论)埋下伏笔,要解决这个问题必须引入极限思想,利用微积分的手段.因此这个佯谬直到2000年后才被真正解释.

4.3 “飞矢不动佯谬”融入物理教学的价值分析——加深学生对知识的理解

“飞矢不动佯谬”的理解与“瞬时速度”的概念具有很大的相关性.教材中提到:平均速度只能粗略地描述运动的快慢.为了使描述精确些,可以把 Δt 取得小一些.物体在从 t 到 $t + \Delta t$ 这样一个较小的时间间隔内,运动快慢的差异也就小一些. Δt 越小,运动的描述就越精确.可以想像,如果 Δt 非常非常小,就可以认为 Δt 内的平均速度表示的是物体在时刻 t 的速度,这个速度叫做瞬时速度.对于这一概念,学生会产生一系列佯谬问题.

问题1:任何运动是且只能是一个过程,而不是一个位置点或一个时刻,那么什么是物体在某一位置(或某一时刻)的速度?

问题2:一个无限短的时间段,即 Δt 无限趋近于零,它还是一段,并不等于零,相应的速度就还是平均速度,是近似还是等于瞬时速度?

问题3:在平均速度的公式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 中,如果表示某一个时刻或某一位置的瞬时速度,分母上的 Δt 就应该等于零,可是分母怎么能为零呢?

上述3个问题是很容易困扰学生的,教师在教学中就要充分讲解,让学生明白极限思想中的“趋近于零”“无限小”的含义. Δt “非常非常小”,它是无

法测量的,人类可以量到万分之一秒的“平均速度”甚至是千万分之一秒的“平均速度”,却无法测量“无限短时间”的平均速度,无法表述“无限短”到底是多短,它只是一种趋势.从这个意义上说,瞬时速度是无法只在某一点测量的,因为蕴含极限思想,所以它是一个具有数学意义的物理概念.理解了这些,学生的3个问题也就迎刃而解.

在教学中类似的例子还有很多.如“洛伦兹力不做功,但是它的宏观表现安培力可以做功”形成了电磁学的一个佯谬,成为困扰很多学生的一个难点.解决问题的关键还是深入分析带电粒子在洛伦兹力作用下运动过程的微观本质,指出安培力做功在实质上是指洛伦兹力的一个分力在做功,而洛伦兹力的另一个分力的方向平行于导线,它与电子运动的方向正好相反,所以做负功,且洛伦兹力两个分力所做的总功为零,整个洛伦兹力并不做功.上述这些佯谬的产生都是因为学生本身认知不足,但在教学中却是让学生激疑生惑、产生强烈求知欲的良机.教师应当引导学生充分展开讨论,在解决问题的过程中加深学生对概念与规律的理解.

5 结束语

从物理学史角度,佯谬问题的出现与解决有其独特的科学价值,对于揭露原有理论体系中的逻辑矛盾、缺陷或局限性,促进科学理论产生突破性发展

(上接第103页)

4 结论

本研究利用电压、电流互感的物理原理和ADE7763电能计量芯片设计了一款带有用电器分析、识别和监测功能的智能供电装置,使用电器可识别、可检测、可控制,为智能家居的改造、升级、安全用电和提升人们的生活质量以及节能环保提供了一种解决方案.

参考文献

1 梁万荣.电子式电流互感器数据采集系统研究.电子测

量技术,2010,33(02):41~44

有重要意义;从高中物理教学角度,佯谬问题的情境创设与问题探究有其独特的教育价值,对于培养学生的探究创新能力和思维品质,提高学生科学素养有重要意义.

高中物理教学中,教师对佯谬问题的应用包括两个方面,一是将物理学史上一些经典的佯谬再现,引导学生应用已有的知识进行学习和讨论,通过体会物理佯谬问题的提出、争论、分析到解决的过程,帮助学生深入掌握物理概念与规律的本质,并培养学生勤于钻研、敢于质疑、勇于创新的科学精神;另一方面,教师可以在教学中就一些问题人为创设一些佯谬情境,让学生在学习新知识、解决新问题时,发现认知结构中原有知识、方法、思维和新情境之间产生的矛盾,从而激发学生的学习兴趣,锻炼学生的逻辑思辨能力,培养学生严谨的科学态度,加深学生对知识的理解.

参考文献

- 1 杨建邨.福音:物理学的佯谬.武汉:湖北教育出版社,2013
- 2 张宪魁.物理学方法论.杭州:浙江教育出版社,2008
- 3 陈昌曙.自然科学的发展与认识论.北京:人民出版社,1983
- 4 张拴珠.谈物理学中的佯谬.晋东南师范专科学校学报,1999(3):19~22
- 5 赵超先.佯谬与物理教学.南京师专·南京教院学报,1994(01):59~63,58

量技术,2010,33(02):41~44

- 2 朱桂川,周磊.基于BP神经网络的用电器分类识别技术的研究.杭州电子科技大学学报(自然科学版),2016,36(06):5~9
- 3 林刚.物联网技术下智能插座的设计与应用.自动化与仪器仪表,2017(07):128~129,132
- 4 张华.基于远程通信的水处理设备数据采集系统:[硕士学位论文].保定:河北农业大学,2011
- 5 高雄.智能家居系统中智能插座的设计.信息技术,2016(10):168~171,174