

大学物理“动量守恒定律”课程思政的实施

吕莎莎 聂新明 孟鑫 唐飞 田康振

(江苏师范大学物理与电子工程学院, 江苏 徐州 221116)

摘要 大学物理是高校理工科教学体系的基础性课程,具有受众面广、基础性强的特点。将思政元素融入大学物理教学,有利于推进落实立德树人的根本任务。本研究以大学物理中“动量守恒定律”为案例进行课程思政教学实践。在教学中着重培养学生的物理学思维,从物理学视角进一步认识物体之间的相互作用。理解“定理”和“定律”的区别和联系。以中国航天事业的发展 and 火箭为例,介绍动量守恒定理的应用,激发学习兴趣,提高学生科技报国的家国情怀和使命担当。同时强调动量守恒定律的普适性,并以原子核衰变为例介绍其在科技前沿的应用,培养学生勇攀科学高峰的责任感和使命感。将显性的知识传授与隐性的价值引领有机统一,实现专业教育和思政教育的融会贯通。

关键词 课程思政;大学物理;动量守恒定律;科技前沿

IDEOLOGICAL AND POLITICAL RESEARCH ON THE COURSE OF MOMENTUM CONSERVATION LAW IN COLLEGE PHYSICS

LV Shasha NIE Xinming MENG Xin TANG Fei TIAN Kangzhen

(School of Physics and Electronic Engineering, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract College physics is a basic course in the teaching system of science and engineering in universities. It has the characteristics of wide audience and strong foundation. Integrating ideological and political elements into college physics is conducive to promoting the implementation of the fundamental task of education. This paper takes the law of conservation of momentum in college physics as a teaching case to practice ideological and political teaching. In teaching, we focus on cultivating students' physical thinking and further understand the interaction between objects from the perspective of physics. Students can understand the difference and connection between theorems and laws. Taking the development of China aerospace industry and the principle of rocket as an example, we introduce the application of momentum conservation theorem. Taking the development of China's aerospace industry and rockets as an example, this paper introduces the application of momentum conservation theorem, stimulates students' interest in learning, and improves students' feelings of serving the country with science and technology and their mission. At the same time, it emphasizes the universality of the law of conservation of momentum, and takes nuclear decay as an example to introduce its application in the forefront of science and technology, so as to cultivate students' sense of responsibility and mission to climb the peak of science. Integrate explicit knowledge transfer with implicit value guidance to realize the integration of professional education and ideological

收稿日期: 2021-08-17; 修回日期: 2021-09-18

基金项目: 江苏省现代教育技术研究 2021 年度课题(2021-R-89619)。

作者简介: 吕莎莎,女,讲师,主要从事物理教学和量子化学的研究,lvshasha@jsnu.edu.cn。

通讯作者: 田康振,男,副教授,主要从事物理教学和激光光谱的研究,kangzhentian@jsnu.edu.cn。

引文格式: 吕莎莎,聂新明,孟鑫,等. 大学物理“动量守恒定律”课程思政的实施[J]. 物理与工程,2022,32(2):173-176,181.

Cite this article: LV S S, NIE X M, MENG X, et al. Ideological and political research on the course of momentum conservation law in College Physics[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(2): 173-176,181. (in Chinese)

and political education.

Key words courses for ideological and political; college physics; law of momentum conservation; scientific and technological frontier

2020年5月28日,教育部印发《高等学校课程思政建设指导纲要》,教高〔2020〕3号。文件中明确指出:把思想政治教育贯穿人才培养体系,全面推进高校课程思政建设,发挥好每门课程的育人作用,提高高校人才培养质量^[1]。

大学物理为理工科类本科各专业必开的基础课程或专业基础课程,具有基础性、受众广的特点。此课程旨在通过分析自然界中存在的现象得出物理学规律,涵盖力学、热学、电磁学、光学、原子物理学^[2]。这种教学内容的丰富性与思政教育渗透于生活中的理念是一致的。大学物理作为一门基础性课程,为学生科学思维方法训练、探究能力培养提供有效的途径^[3]。因此,将大学物理里面的思政元素深入挖掘,并与教学有机融合,将会进一步提高立德树人成效^[4-6]。

动量守恒定律是质点系的动量定理的延伸和应用,是将所学物理知识与实际应用紧密结合的典型示例,有助于提升学生学以致用能力。此外,动量守恒定律也是物理学中同时适用于宏观和微观的物理定律,对于物理学思维的培养具有重要意义。在授课过程中融入动量守恒定律对于科技进步的巨大推动,激发学生科技报国的家国情怀。

1 教学目标

1.1 知识与技能目标

- 1) 理解质点系的内力、外力,掌握动量守恒定理。
- 2) 理解动量守恒定律的成立条件。
- 3) 掌握运用动量守恒定律分析力学问题的思想和方法。

1.2 课程思政目标

- 1) 培养社会责任感,激发科技报国情怀。
- 2) 强化物理学思维方法的训练。

2 动量守恒定律课程思政教学过程

2.1 知识回顾,温故求新

通过上一次课学习,学生已经掌握了质点和质点系的动量定理。通过复习,再次明确质点、质

点系、内力、外力的概念。尤其是明确定理的适用范围和注意事项。定理是经过受逻辑限制的证明为真的陈述。因此,定理一般都有限定条件。对于质点和质点系的动量定理的共同限定条件是只适用于惯性系。此处强调物理学定理的特点,培养学生物理学思维,即“谈定理,必要谈前提”。

2.2 问题导入,激发兴趣

通过播放“天和”号核心舱发射成功新闻及视频,启发学生观察并思考核心舱是如何“上天”的^[7]。让学生认识到运载火箭的重要性。进一步设问火箭发射的基本原理是什么,能否用我们已有的知识进行解答。这种启发式的问题导入,可以使学生获得层层递进、抽丝剥茧学习的乐趣。

2.3 质点系的动量定理与动量守恒定律

承接问题导入,让学生继续观察研究质点系的动量定理^[8]

$$\mathbf{I} = \int_{t_0}^t \sum_i \mathbf{F}_i^{\text{ex}} dt = \sum_i \mathbf{p}_i - \sum_i \mathbf{p}_{i0} \quad (1)$$

即作用于系统的合外力的冲量等于系统动量的增量。请同学们分组思考:针对质点系的动量定理的一个特殊情况,即如果质点系所受的合外力 $\mathbf{F}^{\text{ex}}=0$,此时会得到什么结论?该问题其实是质点系动量定理的一个应用。学生可以比较容易得到:如果质点系所受的合外力 $\mathbf{F}^{\text{ex}}=0$,则系统的总动量不变,末动量等于初动量。这就是这节课的重点内容:动量守恒定律,其表达式为^[8]

$$\text{若 } \mathbf{F}^{\text{ex}}=0 \text{ 则 } \mathbf{p}=\mathbf{C} \quad (2)$$

即在某一时间内,若质点系所受外力矢量和自始至终保持为零,则在该时间内质点系动量守恒。进而,启发学生思考定理和定律的区别和联系。定理是往往是建立在假设基础上,经过推理和证明得到。定理具有内在的严密性,不能存在逻辑矛盾。定律更像是一种理论模型,它用以描述特定情况、特定尺度下的现实世界,在其他情形或者尺度下可能会失效或者不准确^[9]。该问题旨在加深学生对于定理和定律的认知,即逢物理定理、定律必先考虑其条件,往往定律需要满足的条件更加苛刻。总结起来,动量守恒定律需要做如下说明:(1)动量守恒定律的条件为 $\mathbf{F}^{\text{ex}} = \sum_i \mathbf{F}_i^{\text{ex}} = 0$,或者某一方向上满足合外力为0,那么该方向上动

量守恒。(2)系统内力远大于外力时, $F^{\text{ex}} \ll F^{\text{in}}$, 可近似地认为动量守恒。(3)动量守恒定律是物理学最普遍、最基本的定律之一, 在宏观和微观领域都有重要应用。(4)对于一切惯性系动量守恒定律都成立, 但在解决具体问题时各质点的动量都应该相对于同一惯性系。(5)内力对系统动量无贡献, 即系统的总动量不变。但内力可改变每个质点的动量, 从而使系统内的动量重新分配。如站在光滑冰面上的两个人 A, B, 质量为 m_A 和 m_B 。通过手部互相推一下, 两人分别获得速度 v_A 和 v_B 。两个质点的运动状态都发生了变化。但是其矢量和仍为 0, 即 $p = m_A v_A + m_B v_B = 0$ 。

在动量守恒定律讲解过程中, 借用之前的质点系的动量定理知识, 保证了知识体系的连贯性。同时对比了物理上常遇到的定理和定律, 强调使用时注意适用条件。这对于培养学生的物理学思维有着一定的帮助。

2.4 动量守恒定律的宏观应用及中国航天

学习动量守恒定律的表达以及注意事项后, 尝试利用一个例题来回答开头提出的火箭是如何“上天”的。

火箭是利用燃料燃烧后喷出的气体产生的反冲推力的飞行器。火箭技术在航空航天以及国防中扮演重要角色, “东方红一号”“北斗”“墨子号”等卫星, “神舟”系列飞船, “天问一号”火星探测器, “嫦娥五号”月球探测器, 以及“天和号”空间站核心舱都是靠火箭发动机发射并控制航向的。如此重要的国之重器, 其最基本的原理就是动量守恒定律。首先简介中国航天的大事以及火箭的重要性。激发学生兴趣的同时, 也增加其民族认同感和自信心。

例 1 一枚返回式火箭以 $v = 2.5 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率相对惯性系 S 沿水平方向飞行。空气阻力不计, 现使火箭分离为两部分, 前方的仪器舱质量为 $m_1 = 100 \text{ kg}$, 后方的火箭容器质量为 $m_2 = 200 \text{ kg}$, 仪器舱相对火箭容器的水平速率为 $1.0 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。求仪器舱和火箭容器相对惯性系的速度大小。(此例题出自马文蔚《物理学》上册^[8])

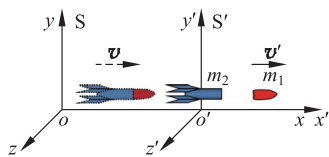


图 1 例 1 示意图

分析: 首先判断是否符合动量守恒的条件。

此过程中统内力远大于外力, 所以动量守恒。其次, 特别注意的是, 这个问题中的惯性系选择, 即各质点的动量都应该相对于同一惯性系。因此涉及到伽利略变换。

解答: 设仪器舱和火箭容器相对惯性系的速度大小分别为 v_1, v_2 。仪器舱相对火箭容器的水平速率为 $v' = 1.0 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

则根据动量守恒定律

$$v_1 = v_2 + v' \quad (3)$$

$$(m_1 + m_2)v = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (4)$$

求解得

$$v_2 = v - \frac{m_1}{m_1 + m_2} v' = 2.17 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5)$$

$$v_1 = 3.17 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6)$$

进一步强调在应用动量守恒定律时, 运用伽利略变换将研究对象统一在同一惯性系中。

习题讲解结束后, 简单介绍中国火箭的发展历程和成就^[10]。激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。火箭曾是中国古代的重大发明之一, 早在北宋时期, 岳义方、冯继升造出了以火药为动力的飞行兵器——火箭, 当然这更多是概念性的火箭。可惜, 由于种种原因, 我们国家错过了第一次工业革命。相关火箭的研究未能持续。在近代物理发展中, 我们国家处于起步比较晚的阶段。对于火箭这种关系国运的重器, 新中国经历了好几代人的努力拼搏。建国初期, 世界知名的火箭专家钱学森突破各种阻挠, 五年方归国, 十年成两弹。钱学森是我国航天的奠基人, 更是中华民族知识分子的典范。“中国航天四老”任新民、黄纬禄、屠守锷、梁守槃亦是呕心沥血、殚精竭虑, 为中国航天事业做出重要贡献。郭永怀更是为中国的航天和国防事业献出了生命, 成为两弹一星元勋中唯一获得“烈士”称号的科学家。为中国航天做出卓越贡献的科学家很多, 赵九章、钱骥、杨嘉墀、谢光选、王希季、孙家栋等。各位前辈科学家披荆斩棘, 把智慧锻造成阶梯, 留给后来的攀登者。这也激励着新一代航天人杨宏、容易等继续为之奋斗。通过介绍中国航天发展, 客观分析中国在近代科学上落后原因的同时, 也激励学生学习热爱祖国、勇于登攀、科学求实、淡泊名利、默默奉献的航天精神, 并内化为努力学习、报效祖国的动力。

2.5 动量守恒定律的微观应用及前沿科技

之前在牛顿运动定律的授课中曾经强调, 其适用的条件是质点、惯性参考系以及宏观、低速运

动问题。动量守恒定律是由牛顿第二定律推导而来,但是实践实验其适用范围广于牛顿定律。不仅适用于宏观物体的低速运动,也适用与微观物体。从微观粒子到宇宙天体,只要满足守恒条件,动量守恒定律总是适用的。因此,动量守恒定律除了在宏观的航天中扮演重要角色,也是微观粒子世界重要的理论基础。下面举例说明。

例 2 设有一静止的原子核,衰变辐射出一个电子和一个中微子后成为一个新的原子核。已知电子和中微子的运动方向互相垂直,且电子动量为 $1.2 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,中微子的动量为 $6.4 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。问新的原子核的动量的值和方向如何?(此例题出自马文蔚《物理学》上册^[8])

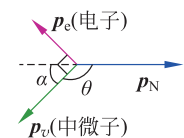


图 2 例 2 示意图

分析:在衰变辐射时,系统的内力远大于外力。符合动量守恒的条件。

解答:因为原子核一开始静止,并且衰变辐射前后,系统满足动量守恒,因此系统的初末动量均为 0。

$$p_e + p_v + p_N = 0 \quad (7)$$

$$\text{因为 } p_e = 1.2 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (8)$$

$$p_v = 6.4 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (9)$$

$$\text{且 } p_e \perp p_v \quad (10)$$

$$\text{所以 } p_N = \sqrt{p_e^2 + p_v^2} = 1.36 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (11)$$

根据几何关系

$$\alpha = \arctan \frac{p_e}{p_v} = 61.9^\circ \quad (12)$$

可以看到,相对于牛顿运动定律,动量守恒定律具有更好的普适性,其在物理学前沿中有着重要的应用。目前,大型强子电子对撞机带领我们进入更加微观的世界,寻找和研究新的粒子。例如,我国大亚湾中微子实验发现了中微子的第三种振荡模式,打开了理解反物质消失之谜的大门。可见动量守恒定律的表达式虽然简单,但是“以小见大”,对于我们探究世界规律却有着重要作用,这也展现了物理学简洁之美和实用之美。

3 结语

本研究以大学物理课程中“动量守恒定律”一节为例,具体讲述了将思政教育融入物理课堂的

实施办法。教学中以中国航天热点科学问题为切入点,提升学生的民族自豪感和学习兴趣。进而通过已学知识,抽丝剥茧、层层递进的思维方式得到动量守恒定律,对学生的物理学思维进行训练。比较了物理学中常出现的“定理”和“定律”的区别和联系,以及使用它们注意事项。进一步学以致用,介绍了动量守恒定律在宏观(火箭运动)和微观(原子核衰变)的应用,说明了动量守恒定律的实用性和广泛性。在讲解中,穿插进行了中国航天和中微子的介绍,让学生感受到大学物理的实用性。同时介绍了中国一辈辈科学家的奋斗历程,增加了授课的趣味性和人文色彩,激励学生迎难而上、持之以恒,培养其精益求精的大国工匠精神和科技报国的家国情怀。

参 考 文 献

- [1] 教育部. 高等学校课程思政建设指导纲要[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.htm.
- [2] 刘作业,丁晶洁,王集锦,等. 中国科技前沿元素在大学普通物理教学中的渗透[J]. 物理与工程, 2021, 31(3): 73-77, 84. LIU Z Y, DING J J, WANG J J, et al. Application of latest scientific and technological frontier elements of China in the teaching of college general physics[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(3): 73-77, 84. (in Chinese)
- [3] 王青,忻蓓. 物理专业课程思政建设的认识与思考[J]. 中国大学教学, 2021(3): 52-54. WANG Q, XIN B. Understanding and thinking on the ideological and political construction of physics courses[J]. China University Teaching, 2021(3): 52-54. (in Chinese)
- [4] 王小力. 大学物理课程思政研究与实践[J]. 中国大学教学, 2020, 362(10): 54-57. WANG X L. Research and practice of ideological and political education in College Physics [J]. China University Teaching, 2020, 362(10): 54-57. (in Chinese)
- [5] 李姣姣,周雨青,董科,等. 参与式学习教学实践的模拟设计与分析——以拟建金课“大学物理”为例[J]. 大学物理, 2020, 39(12): 41-49, 60. LI J J, ZHOU Y Q, DONG K, et al. Simulation design and analysis of participatory learning teaching practice—Taking the proposed gold course “College Physics” as an example[J]. College Physics, 2020, 39(12): 41-49, 60. (in Chinese)
- [6] 张晓乐,黄梓轩,卓士创,等. 大学物理“质点的动量定理”课程思政实践[J]. 物理通报, 2021(7): 20-22. ZHANG X L, HUANG Z X, ZHUO S C, et al. Practice on ideological and political education in momentum theorem of particle in university physics[J]. Physics Bulletin, 2021(7): 20-22. (in Chinese)

(下转第 181 页)

员,未养成独立思考的习惯,还需要加强督促。将课程思政与演示实验相结合,融入课堂教学,对任课教师的思政素养要求较高,需要加强任课教师的思政学习和应用意识。

5 结语

基于演示实验在大学物理课程教学过程中的应用来设计课程思政,以课程内容为出发点,通过对实验现象的观察、分析,让学生体会理论和实验的辩证关系;通过将已掌握的知识和微积分结合、合理近似、建立模型的过程,让学生体会主要矛盾和次要矛盾的应用;通过用学到的知识制作实验装置,提升学生的综合素质;通过军事和工业中的应用提高学生的民族自豪感,培养学生将学到的知识用于祖国建设的意识。将课程思政隐含在教学的各个环节中,实现了全程育人,同时也对任课教师的个人思政修养提出了更高的要求,需要增加任课教师的思政教育。

参 考 文 献

- [1] 竹有章,韩星星,牛海波,等.应用型院校大学物理课程线上教学探索与实践[J].物理与工程,2020,30(6):31-36.
ZHU Y Z, HAN X X, NIU H B, et al. Exploration and practice of college physics online teaching in application oriented universities[J]. Physics and Engineering, 2020, 30(6): 31-36. (in Chinese)
- [2] 穆良柱.物理课程思政教育的核心是科学认知能力培养[J].物理与工程,2021,31(2):9-15.
MU L Z. The key point of cultural education in physics teaching is the training of scientific cognition[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(2): 9-15. (in Chinese)
- [3] 穆良柱,华靖.ETA物理教学法应用案例之静电场篇[J].物理与工程,2021,31(6):3-10.
MU L Z, HUA J. How to teach static electric field using ETA cognition model[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(6): 3-10. (in Chinese)
- [4] 张映辉.结合物理教学传授唯物辩证思想和科学方法初探[J].物理与工程,2020,30(6):54-57.
ZHANG Y H. Study on imparting dialectical materialism and scientific method via combining teaching content[J]. Physics and Engineering, 2020, 30(6): 54-57. (in Chinese)
- [5] 张修丽,平云霞,李兴佳,等.大学物理思政元素融入探讨——诗词之美与润物无声[J].大学物理,2021,40:166-173.
ZHANG X L, PING Y X, Li X J, et al. Integration of ideological and political elements into the teaching of college physics—Employing aesthetic appeal of poetry to shape minds[J]. College Physics, 2021, 40: 166-173. (in Chinese)
- [6] 王素元,张斌.大学物理课程思政教学研究——以电磁感应教学为例[J].物理与工程,2021,31(4):36-40.
WANG S Y, ZHANG B. Research on curriculum ideology of college physics—Take electromagnetic induction teaching as an example[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(4): 36-40. (in Chinese)
- [7] 陈根余,王竟如,齐毅,等.电磁辅助激光单道焊接30mm厚板研究[J].中国激光,2021,48(10):1002102.
CHEN G Y, WANG J R, Qi Y, et al. Research on Electromagnetic-Assisted laser Single-Pass welding of 30mm thick plate[J]. Chinese Journal of Lasers, 2021, 48(10): 1002102. (in Chinese)
- [8] 徐义爽,王刚,徐婕,等.大学物理线上教学经验总结及效果分析[J].大学物理,2021,40(4):60-63.
XU Y S, WANG G, XU J, et al. Experience summary and effect analysis of college physics online teaching[J]. College Physics, 2021, 40(4): 60-63. (in Chinese)
- [9] 王太军,唐忠敏.低成本物理创新实验之简易电动机的再改进[J].物理教师,2017,38(5):45-46.
Wang T J, Tang Z M. The improvement of simple motor in low cost physics innovation experiment[J]. Physics Teacher, 2017, 38(5): 45-46. (in Chinese)
- [7] 刘霞.《自然》:“天宫”空间站将成科学家的“乐园”[N].科技日报.2021-7-30.
- [8] 马文蔚,周雨青,解希顺.物理学[M].7版.北京:高等教育出版社,2020:59-61.
- [9] 何跃娟,陈健.谈普通物理中的原理、定律和定理[J].物理与工程,2005(4):57-58.
HE Y J, CHEN J. On principles, laws and theorems in general physics[J]. Physics and Engineering, 2005(4): 57-58. (in Chinese)
- [10] 张兵,沈丹,张志国,等.长征系列运载火箭飞行智能化发展路线研究[J].导弹与航天运载技术,2021(1):7-11,38.
ZHANG B, SHEN D, ZHANG Z G, et al. The intelligent flight roadmap of long march launch vehicle[J]. Missiles and Space Vehicles, 2021(1): 7-11, 38. (in Chinese)