

物理学专业力学课程教学改革的探讨

李钱光, 陈知红*, 聂长江, 王军延

(湖北工程学院 物理与电子信息工程学院, 湖北 孝感 432000)

摘 要:分析和总结了当前物理学专业力学课程教学中存在的主要问题,即知识点多而杂,学生新鲜感不足、思维固化、理解不系统等。针对这些问题,从规划教学内容、转变学生力学思维、挖掘知识之间关联性以及激发兴趣、拓展视野四个方面对物理学专业力学课程教学进行了改革和实践,取得了较好的效果。

关键词:物理学;力学;课程教学;教学改革

中图分类号:O301;G642 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-4824(2021)03-0027-04

力学是物理学专业普通物理学的重要组成部分,也是该专业第一门重要专业课程,学好该课程,不仅为后续大部分专业课程的学习奠定了坚实的基础,而且还可以激发学生专业学习的兴趣,坚定其学好专业知识的信心^[1-2]。为了强化力学课程的重要性,笔者所在学院将力学课程列为物理学专业四门学位课程之一,开课时设为 64 学时。虽然有学校的重视和充裕的学时保障,但是学生的学习效果依然达不到预期目标,学生难以脱离高中物理思维,建立更具基础性和普遍性的以微积分为基础的经典力学思维模式。为此,笔者所在力学课程教学组系统地调研,分析了近 5 届学生在力学课程学习过程中存在的主要问题,并探索与之相应的教学改革,取得了一些成效。

1 力学课程教学过程中存在的问题

1.1 大量知识点与高中物理重叠,知识的新鲜感不足,难以激发学生学习兴趣

力学课程中质点运动学、质点动力学、动量、动能、势能、振动和波动等大量知识点都是高中物理重点内容,大学力学课程只是以微积分为载体用一种更系统、更基本、更符合物理思维逻辑的方式展现出来,并在此基础上进一步深入、拓展。学

生在高中三年很大一部分时间都在与这些知识点打交道,早已没有了新鲜感。这就导致学生对力学知识的求知欲不强,课程的学习兴趣不足,对教学过程和教学效果不可避免地产生负面影响。而且,一些高中物理的核心知识点,如质点运动学、质点动力学、动量以及动能等正好是力学课程前面部分的内容,很容易使学生在刚刚接触力学课程的时候产生错觉,认为它仅仅是在高中物理相关知识基础上简单的进行一下扩充和补充,从而在课程学习的初期产生轻视的态度,造成课程前期基础掌握不牢,后续学习力不从心,严重影响学习的效果。

1.2 高中物理式思维惯性严重,难以建立以微积分为基础的物理思维模式

力学课程是将经典力学的基本定理和规律以微积分为基础并通过严密的数学推演呈现出来的^[3]。这与高中物理直接给出基本定理、规律的教学模式完全不同,它更具普遍性,也更符合物理思维模式。然而,学生通过三年高中物理的学习,已经习惯了高中物理教学模式和思维模式,对力学基本定理、规律的推演过程不重视,解题过程总是习惯采用高中思维模式,不愿意尝试采用以微积分为基础的更一般化的思维来处理力学问题。

收稿日期:2021-02-13

基金项目:湖北工程学院教学研究项目(2019032)

作者简介:李钱光(1978-),男,湖北广水人,湖北工程学院物理与电子信息工程学院教授,博士。

陈知红(1980-),女,湖北公安人,湖北工程学院物理与电子信息工程学院副教授,硕士,本文通信作者。

这样很容易导致力学课程仅成为高中物理力学知识的简单补充或扩充,达不到建立以微积分为基础的更具系统性、普遍性和逻辑性的经典力学理论体系的要求,也难以达到通过力学课程的学习培养、锻炼学生物理思维的目的,更直接的后果往往是到了力学课程中后期,对一些较为复杂且必须以微积分为基础的力学问题,很多学生就感觉力不从心,严重影响一些核心知识点的学习和掌握。

1.3 注重知识的积累,忽视了知识的消化和内化

力学课程包含质点运动学、质点动力学、动量及动量守恒定律、动能及机械能守恒定律、角动量及角动量守恒定律、刚体力学、流体力学、振动、波动以及相对论力学等内容。虽然课程知识点多、定理多、公式多,但是这些知识之间有内在关联^[4],其中质点运动学和动力学是基础和核心,通过质点系可以引申到其他大部分知识点。此外,微分和积分的思想与力学基本物理量、基本定理和定律的建立密切相关,利用微积分思想可以将很多物理知识点关联在一起理解。然而,学生在力学课程学习过程中往往只注重这些具体知识点的理解和掌握,忽视了它们之间的内在关联,致使学生往往学完力学课程后感觉所学知识太零碎,不成体系,印象不深刻,理解不透彻,更达不到举一反三、触类旁通的效果。

2 力学教学改革的探索

2.1 合理规划教学内容和方法,突出重点和特色

笔者所在学院物理学专业力学课程近年来一直采用高等教育出版社出版的文献[5]作为教材。该教材也是目前国内物理学专业力学课程使用最多的教材之一,其内容丰富、全面,包含了物理学和力学、质点运动学和动力学、三大守恒定律、万有引力定律、刚体力学、振动和波动、流体力学以及相对论简介,共11章的内容。根据长期的教学实践,我们发现力学课程的这些知识点大致可以分为三类。第一类,如质点运动学和动力学、动量和机械能及其守恒定律等,这些内容是高中物理核心内容,学生对知识点很熟悉,有较好的基础,只需引入微积分思想,建立以微积分为基础的知识体系和思维模式。第二类,如角动量及其守恒定律、刚体力学等,这些内容是学生比较陌生的全新知识点,也是力学课程中的难点部分,需要学生重点把握。第三类,如流体力学、相对论等,这些

知识点只是作为完整力学课程体系进行了简要介绍,如果要全面掌握这些内容还需要系统的学习后续相关课程。因此,针对第一类知识点,我们重点突出微积分的基础作用,重建基本物理概念、定理和定律的过程,以及采用微分或积分的方式处理力学问题实例的教学,而淡化类似高中物理式的知识点的应用;针对第二类知识点,我们既重视学生对基本概念、定理、定律的理解和掌握,知识点理解的强化和深化,也注重知识点的具体应用;针对第三类知识点,我们在建立基本概念体系的基础上引导学生自主学习。

2.2 加强微积分与物理思维的融合,培养学生物理思维

建立以微积分为基础的经典力学体系,并在此过程中培养、锻炼学生物理思维是力学课程的核心任务和目标^[6],为此,我们从三个层次强化微积分与力学知识以及物理思维的融合。首先,强化基本物理量的微分或积分定义,以及基本定理、定律的推演过程的讲解,使学生逐渐体会细分后取极限构建基本物理量的思维方式和方法,领会基于导数和积分几何意义所表示物理量、物理定理和定律的本质及具体内涵,感受基于微积分的力学知识表述的简洁性、准确性和一般性。其次,利用一定量的例题和练习题教导和训练学生运用求导和积分的方法处理力学问题,引导学生逐渐习惯以微积分为基础的力学思维方式。在此过程中,要着重注意物理量方向导数的计算和积分上下限的确定。前者为对矢量求导,学生一般不熟练,且物理意义也较为难懂一些,需要重点讲解,使学生既理解物理内涵又熟悉计算方法;后者需要将高等数学中的定积分与一个具体物理过程对应起来,以该物理过程的初态和末态来确定积分的上下限,需要结合具体例题和练习题有针对性地进行强化训练,使学生能够灵活处理关于某一物理过程的积分问题。最后,利用微积分的内涵将不同物理量、物理定理和定律联系起来,体会这些物理量、物理定理和定律的共同特征,更深层次的理解他们的物理内涵。例如,力函数对时间和空间的积累分别对应冲量和功,虽然二者物理含义不同,但其实都是力函数对自变量的积分,只不过积分对象不同。显然,若是将二者统一起来,学生将对力的作用效果的理解更加深刻,也会进一步促进学生对冲量、功的概念以及质点动量定理和动能定理的掌握。又如,守恒量从微积分角度

来说就是其对时间的导数为 0, 以此来理解动量、机械能和角动量三大守恒定律自然更加深刻、透彻, 也更能在具体应用中达到举一反三的效果。

2.3 借助知识之间的关联性, 开拓思维, 促进知识的二次消化

剖析力学课程中各研究对象、知识点之间的关联性, 找出其共性、相似性以及差异, 不仅可以促进学生对相关知识点的理解和把握, 而且可以促进学生的自主思考, 开拓思维, 实现对知识的二次吸收和消化^[7]。为此, 我们首先从质点、质点系、刚体以及理想流体这些力学课程非常重要的理论模型和研究对象入手, 通过理清他们之间的内在关系, 调动学生主动思考, 尝试对知识点进行外延式和内涵式拓展, 促进学生对知识点进行迁移、融合, 从而达到对知识的二次吸收和消化, 建立更加完整、有机的经典力学体系。在这个过程中, 质点的运动学和动力学是基础, 将其拓展到质点系是关键。在从质点拓展到质点系过程中, 要着重注意内力和外力的处理以及借助高中物理熟悉的整体法与隔离法使用技巧。有了比较扎实的质点及质点系力学知识后, 再将刚体和理想流体看成是特定质点系, 引导学生利用质点及质点系力学理论分析、处理刚体力学和流体力学相关知识不仅可以达到事半功倍效果, 而且有利于学生对经典力学整体性和系统性的理解。其次, 我们将一些相关知识点进行对比、对照, 分析其共同性、差异性以及内在联系, 促进学生进一步理解知识的内涵和外延, 达到融会贯通、举一反三的效果。例如, 将质点平动的概念、定理和定律与刚体转动的概念、定理和定律进行对比、对照, 并借助线量与角量间的关系将二者有机联系起来, 利用学生熟悉的平动知识不仅会极大促进学生对刚体转动的学习和应用, 也会促进他们对整个经典力学体系更深刻的理解。再如, 将经典时空观与相对论时空观进行对比分析会使学生更加容易建立正确力学时空观, 将不同坐标系特征进行比较会促进学生对三种坐标系更好地理解 and 选择等。最后, 根据知识之间关联性, 多角度分析、处理问题, 开拓学生思维, 加深其对相关知识点的理解。例如, 关于人在船上行走的问题, 可以从牛顿运动定律、动量守恒以及质点系质心运动定理三个角度来分析、处理, 这样既解决了具体问题, 又将牛顿运动定律、动量守恒定律以及质点系质心运动定理有机联系起来进行了一次对比和比较, 增强了

学生对它们的理解。又如单摆做简谐振动的证明, 可以从其所受的动力矩、满足的动力学方程以及表现的运动方程三个方面进行证明, 从而加深学生对简谐振动本质的理解。

2.4 结合科研和实践以及计算机辅助开展教学, 激发兴趣, 拓展思维和视野

结合教师自身科研, 设计一些“科研小题目”, 展示经典力学在其中的具体应用, 不仅使学生切身感受到经典力学重要性和生命力, 极大地激发学生力学课程的学习兴趣, 而且可以拓展学生思维和视野, 增强其专业学习的热情和信心。例如, 在关于牛顿第二定律的应用中, 以强场物理中经典模型为例向学生展示即使是在微观粒子与飞秒激光脉冲相互作用的情景下, 牛顿力学也可以描述其很多重要特征和特性, 可以大大减少牛顿力学在学生心目中“老、旧、土”的形象, 激发其学习兴趣, 再辅以计算在激光场中不同时刻释放的电子能否返回初始位置及其返回初始位置时动能的练习, 可以使学生更好地理解和掌握牛顿第二运动定律的应用。此外, 引入一些利用力学知识处理日常生活中相关力学问题的具体实例, 如骑自行车下坡时为什么不能突然刹前轮, 将绳子在树桩上缠几圈后在绳子一端只需很小的力就可以拉住绳子另一端很重的物体等等; 不仅可以激发学生积极主动地将力学知识学以致用热情和兴趣, 而且还可以通过这些具体实例培养学生通过抽象建模处理实际问题的物理思维。最后, 通过一些通俗易懂的计算机软件, 如 Matlab、Mathematica 等进行辅助教学, 将一些力学现象、力学规律和计算结果等用可视化图像甚至动态视频展现出来帮助学生理解、消化, 或引导学生自己进行类似的尝试, 也将增强学生力学课程的学习兴趣, 加深学生对相关力学知识的理解^[8]。例如, 在讨论简谐振动的合成时与分解时, 我们通过 Matlab 软件直观地画各简谐振动及其合成的质点运动轨迹来进行分析, 学生感觉即真切又有趣, 显著提升了教学的效果。

3 结束语

针对物理学专业力学课程知识新鲜感不足、知识点多而杂, 以及学生思维固化的特点, 为了提高力学课程教学效果, 我们物理学专业力学课程教学组围绕如何在教学过程中激发学生兴趣、突出重点和难点、培养学生以微积分为基础的

力学思维、促进知识的二次消化和拓展等进行探索、建设和实践。这些探索和实践使得力学课程逐渐成为物理专业颇具特色课程,不仅形成了层次分明、重难点突出,比较符合笔者所在学校学生实际情况的教学内容体系,以及与之相适应的教学和考核方式方法,而且在激发学生学习热情和兴趣、培养学生物理思维和引导学生主动消化和内化方面积累了一系列比较有效的方式、方法和心得。此外,还建设了知识强化试题库、知识对比对照资料库、知识拓展库以及辅助学习课件库等可供教学过程中使用和课后自学的各种线上线下资料。这些不仅激发了学生学习力学课程的热情,促进了学生对经典力学体系内涵的理解和掌握,还锻炼和培养了他们的物理思维和主动学习的习惯和能力。

[参 考 文 献]

[1] 封素芹.物理专业力学课程研究与改革[J].邢台

学院学报,2012,27(2):181-182.

[2] 田维钊.力学课堂教学方法的改革与实践探索[J].遵义师范学院学报,2007(6):78-80.

[3] 琺鑫,郑鹁,李昂.物理专业普通力学课程中的数学教学研究[J].首都师范大学学报(自然科学版),2008,29(6):23-27.

[4] 阮文.力学课程教学改革与物理专业学生创新能力的培养[J].廊坊师范学院学报(自然科学版),2012,16(3):111-113.

[5] 漆安慎,杜焯英.力学:普通物理学教程[M].3版.北京:高等教育出版社,2012.

[6] 吴寿煜.21世纪物理专业人才培养对《力学》教学的要求[J].黑龙江高教研究,2002(5):107-109.

[7] 孙洪军,赵丽红.以力学课程为载体培养学生认知实践和开拓创新的能力[J].辽宁工业大学学报(社会科学版),2009,11(4):124-125.

[8] 敖文刚,李勤,王歆.基于Matlab的理论力学计算机辅助教学[J].力学与实践,2013,35(1):83-86.

An Exploration of the Teaching Reform of Mechanics in Physics

Li Qianguang, Chen Zhihong*, Nie Changjiang, Wang Junyan

(School of Physics and Electronic-information Engineering, Hubei Engineering University,
Xiaogan, Hubei 432000, China)

Abstract: The main teaching problems of Mechanics in Physics are analyzed and summarized, such as having too many and miscellaneous knowledge points, insufficiency of freshness, solidification of students' thinking and lack of systematic understanding. To find the solutions to these problems, some teaching reforms and practices have been carried out, which include the planning of the teaching contents, the transforming of students' thinking, the digging of the relation between knowledge points and the stimulating of students' learning interest. Up to now, some good results have been obtained.

Key Words: physics; mechanics; course teaching; teaching reform

(责任编辑:熊文涛)