

基于不同教学策略的类比法在大学物理教学中的应用

周爱萍 孙玉萍 张化福 周培喜

(山东理工大学物理与光电工程学院, 山东 淄博 255000)

摘 要 类比法教学由对旧知识的认识导出对新知识的认识,已在大学物理教学中得到了广泛应用。课堂教学是教与学的双边活动,为激发学生的探索欲望,本文针对大学物理如何将教学策略与类比法相结合进行教学作了实例分析:基于认知冲突策略,将圆周运动与直线运动类比;基于启发引导策略,将角动量守恒定律与动量守恒定律的知识结构类比;基于认知整合策略,将感生电场与稳恒磁场类比。教学策略的引入让学生们积极参与新知识的构建过程,实现了“填鸭式类比”向“主动类比”的转化。

关键词 类比法;教学策略;大学物理;力学

APPLICATION OF ANALOGY BASED ON DIFFERENT TEACHING STRATEGIES IN COLLEGE PHYSICS TEACHING

ZHOU Aiping SUN Yuping ZHANG Huafu ZHOU Peixi

(School of Physics and Optoelectronic Engineering, Shandong University of technology, Zibo, Shandong 255000)

Abstract Analogy teaching derives the understanding of new knowledge from the understanding of old knowledge, and has been widely used in college physics teaching. Classroom teaching is a bilateral activity of teaching and learning. In order to stimulate students' desire to explore, this paper make an example analysis of how to combine teaching strategies with analogy in college physics teaching: Based on cognitive conflict strategy, circular motion and linear motion are compared; Based on the heuristic guidance strategy, the knowledge structure of the law of conservation of angular momentum is compared with that of the law of conservation of momentum; Based on the cognitive integration strategy, the induced electric field is compared with the steady magnetic field. The introduction of teaching strategies allows students to actively participate in the process of building new knowledge, realizing the transformation from “cramming analogy” to “active analogy”.

Key words analogy method; teaching strategy; college physics; mechanics

大学物理是高等院校非物理类理工科各专业学生的一门重要的必修公共基础课,主要内容包

括力学、热学、电磁学、光学和近代物理五个模块。

其中,电磁学为电气与工程学院的学生后续学习专业课“电路”和“电磁场”作准备,力学是机械工程、交通与车辆工程和建筑工程等学院的学

收稿日期: 2023-04-25

基金项目: 山东省教育厅本科教学改革研究重点项目(Z2021303)。

作者简介: 周爱萍,女,副教授,主要从事大学物理的教学工作,研究方向计算物理,japzhou@163.com。

引文格式: 周爱萍,孙玉萍,张化福,等. 基于不同教学策略的类比法在大学物理教学中的应用[J]. 物理与工程,2023,33(6):25-29.

Cite this article: ZHOU A P, SUN Y P, ZHANG H F, et al. Application of analogy based on different teaching strategies in college physics teaching[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(6): 25-29. (in Chinese)

生学习《理论力学》的重要基础。因而,大学物理讲授过程中,力学和电磁学两部分内容多、用时长,但课后作业、线上测试和期末考试反馈的结果显示,学习效果并不理想。原因在于,大学物理授课学时有限,难度大,课堂教学大多采用传统的讲授法^[1],教学方法单一,学生以“被动接受”为主,“主动参与”较少。

高中物理已学习过的理想模型、物理概念和物理规律,如质点、功和能量守恒定律等,大学物理中再次涉及时,学生理解起来没有障碍,可以跟上课堂节奏,学习积极性比较高。但对于没有任何基础的角动量守恒定律和电磁场的高斯定理和环路定理,学生们接纳起来有难度,导致学习效果不佳。为了突破教学的重、难点,很多文献采用类比教学法,将刚体的定轴转动类比于质点的运动,稳恒电流的磁场类比于静电场^[2-4],把学生不容易理解、记忆的概念、规律和公式变得容易理解和记忆。课堂教学既是教师教的过程,也是学生学的过程,引导学生积极参与教学过程,将两个相似的对象主动进行类比,避免“填鸭式类比”,是设计课堂教学的根本宗旨,这就需要在教学法的基础上科学运用教学策略。笔者结合近 20 年的教学经验,针对大学物理中教学策略与类比法教学的深度融合进行了实例分析。

1 基于不同教学策略的类比法教学

1.1 基于认知冲突策略的类比法教学

袁玉珍等人编写的《大学物理》(上册)第一章力学基础的目录如表 1 所示^[5]。在质点运动的描述这一节,讲述了位置矢量、位移、速度、加速度等概念。对于矢量,课本上都是用黑体表示^[5-8],书写时则要在物理量的上方加箭头,这一点需要教师反复强调,否则学生在作业、考试时很容易出错。圆周运动,由于运动轨迹的特殊性,引入角位置、角位移、角速度、角加速度等物理量对质点的运动状态进行描述,它们的表示方法以及定义式如表 2 右栏所示。

在介绍完角量这些基本概念之后,提出第一个问题,激发学生的认知冲突。问题如下:角速度和角加速度是标量还是矢量呢?看似一个很简单的问题,但这时候的教室会突然安静下来,因为板书和 ppt 上的角速度和角加速度都没有加箭头,

表 1 大学物理章节目录

第 1 章 力学基础	第 2 章 动量守恒定律	第 3 章 角动量守恒定律
1.1 单位制和量纲	2.1 牛顿运动三定律	3.1 质点的角动量力矩
1.2 参考系 理想模型	2.2 非惯性系和惯性力	3.2 质点的角动量守恒定律
1.3 质点运动的描述	2.3 动量与动量定理	3.3 刚体的运动
1.4 圆周运动	2.4 质点系动量定理	3.4 刚体定轴转动的转动定律
1.5 相对运动	2.5 动量守恒定律及其应用	3.5 刚体的角动量守恒定律

表 2 圆周运动与直线运动的类比

直线运动	圆周运动
位置 x , 位移 Δx	角位置 θ , 角位移 $\Delta\theta$
速度 $v = \frac{dx}{dt}$	角速度 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$
加速度 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$	角加速度 $\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$
匀变速直线运动	匀变速率圆周运动
$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 t + \beta t$
$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	$\Delta\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2$
$\Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$	$\Delta\theta = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\beta}$

这与他们原有的认知相“矛盾”。部分学生高中阶段已经了解到,角速度是矢量,个别同学甚至还会判断角速度的方向。学生们不敢贸然回答,因为“矛盾”让他们不确定。三分钟后,老师公布答案:角速度是矢量,它的方向用右手螺旋法则进行判断(见图 1)。随之抛出第二个问题:既是矢量,为什么角速度和角加速度上方没有加箭头呢?请同学们以小组为单位进行讨论并请代表发言。学生回答:角速度的方向可以用正负表示。从答案可以看出,学生已根据问题由角速度联想到了速度。教师适时地进行归纳总结:质点在平面中的圆周运动只有两个方向,顺时针方向或逆时针方向,这就与之前讨论的质点的直线运动类似,质点在 Ox 轴上的运动也是只有两个方向, Ox 轴的正方向或

者负方向,正负就足以描述速度或角速度的方向。此时,学生会豁然开朗,并主动将圆周运动与直线运动的知识点进行类比:角位置 θ 对应位置 x ,角位移 $\Delta\theta$ 对应位移 Δx ,角速度 ω 对应速度 v ,角加速度 β 对应加速度 a 。最后根据质点匀变速直线运动的速度和位移公式写出匀变速率圆周运动的角速度和角位移公式。

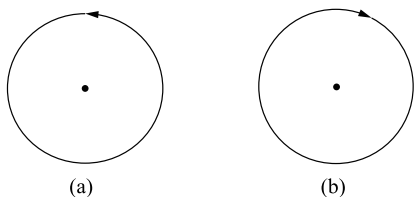


图1 角速度方向

(a) 垂直纸面向外; (b) 垂直纸面向里

圆周运动的教学基于学生的已有知识,设计看似矛盾的两个结论,引发认知冲突,激发学生的探索欲望。采用“提出疑问—自主思考—小组讨论—教师释疑”为线索的教学模式,使学生在“发现问题—分析问题—解决问题”的过程中,自行对照、类比,建立新知识 with 旧知识的知识点一一对应的关系。既有助于学生对圆周运动的理解,又加深了对直线运动的认识,达到良好的教学效果。

1.2 基于启发引导策略的类比法教学

动量守恒定律和角动量守恒定律是自然界中的普遍规律,分别安排在大学物理力学篇的第二章和第三章(表1)。高中物理学习中,动量守恒定律就是教学的重点,学生到了大学后学习起来较为轻松,对动量的概念及其相关规律的物理意义理解地非常透彻。角动量守恒定律的学习紧随其后,但因为学生没有任何基础,因而本章的内容既是教学的重点,也是难点。很多同学因为第三章没学懂,觉着大学物理太难,产生了厌学情绪。

实际教学过程中,采用类比教学法可以将质点力学拓展至刚体力学中^[4,9],使学生已掌握的旧知识向新知识发展和引申。对教师而言,在熟识课本内容、知识体系的前提下,角动量守恒和动量守恒的知识点具备对应关系,很容易理解。对学生而言则不然。比如刚体的转动惯量和质点的质量相对应,原因是什么?如果老师只是向学生灌输这个结论,一方面学生不理解,再者也记不住。因而,课堂上如何引导学生去建立这种类比的关系,是老师们应该思考的问题。通过多年的实践,

我们注重启发学生大胆想象、主动探究,先在角动量守恒和动量守恒的知识脉络中搭建类比的桥梁,明确角动量守恒一章的学习内容和研究方法,为知识点的对照和类比做好铺垫,具体做法如下:

动量守恒定律学习结束后,引导学生依据学习顺序、知识点之间的纵横向关系对本章知识进行归纳总结,知识结构图如图2所示。第三章,结合具体实例,首先提出“角动量”一词,“角”意味着与转动有关,告知学生本章的知识脉络与第二章完全一致,只是在动量前加了一个“角”字,在图2的基础上,启发引导学生利用类比法构建角动量守恒的知识结构图(图2)。

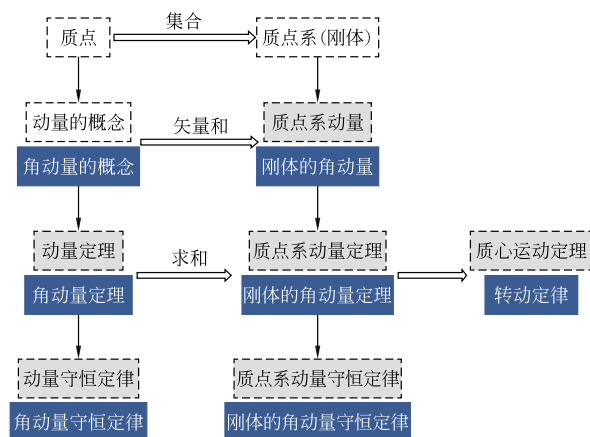


图2 动量、角动量守恒定律知识结构图

启发引导策略,其优点在于:(1)唤醒旧知;(2)促进新知构建;(3)发挥学生的主观能动性;(4)提高教学效率。在老师的启发引导下,以学生主动构建角动量的知识结构图为起点,在未开始学习第三章角动量守恒定律之前,通过类比已对本章的知识脉络有了大致了解,避免了教学过程中“老师教什么,我就学什么”的被动接受模式。比如:介绍了质点的角动量的概念之后,学生们就知道接下来要学习质点的角动量定理,联想动量定理的数学表达式 $\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$,角动量定理就是推导 $\frac{d\mathbf{L}}{dt}$ 等于什么。而刚体的角动量定理,就是将质点的角动量定理对所有的质点求和。在“学前类比”建构的知识体系的基础上,学生们不仅对“我将要学习什么,怎么去学”清晰明了,还能使学生搞清楚新旧知识间的联系与区别,形成良好的认知结构,对本章的学习充满信心。

1.3 基于认知整合策略的类比法教学

电磁学从场的概念出发,介绍电场和磁场的基本特性,是大学物理的重要组成部分,很多作者将稳恒磁场与静电场进行类比教学^[10-12]。如磁感应强度 $\mathbf{B}$ 对应电场强度 $\mathbf{E}$,毕奥-萨伐尔定律对应库仑定律,如果磁场分布具备某种对称性,利用安培环路定理求解磁场分布的解题思路和步骤与静电场的高斯定理求解电场分布类似。电场、磁场的性质由高斯定理和环路定理反映,结果表明静电场是有源无旋场,而稳恒磁场是无源有旋场,两种场的性质并不相同,所以,运用类比法思想,对学生们掌握电磁学的知识以及运用知识解决问题有一定的帮助,但并不能达到最佳的效果。教学过程中,我们发现,稳恒磁场虽是同学们学习的难点,但其高斯定理和环路定理都是建立在严谨的推导之上,相比之下,麦克斯韦提出的变化的磁场激发的感生电场,它的引入有点突兀,感生电场的性质与稳恒磁场非常相似,将二者进行类比,可以加深学生们对感生电场的认识。

感生电场的电场线是“无头无尾”的闭合曲线,也被称为涡旋电场,场强用 $\mathbf{E}_k$ 或 $\mathbf{E}_{\text{涡}}$ 表示,穿过任意闭合曲面的电通量恒为零,即

$$\oint_S \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{S} = 0. \quad (1)$$

在固定不动的导体回路中,感生电场对电荷所施加的感生电场力就是产生感生电动势的非静电力,由电动势的定义和法拉第电磁感应定律,可以得到

$$\varepsilon = \oint_L \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S}. \quad (2)$$

由此可见,感生电场和静电场有相同之处,也有不同之处,引导学生以表格的形式对两种电场的异同点进行比较,如表3左侧两栏所示。

式(2)表明,变化的磁场可以激发感生电场,这是容易理解的,但如何利用此式求解感生电场的分布,如下面这个例题:

半径为 R 的长直螺线管内的磁场,以 $d\mathbf{B}/dt$ 的速率均匀增大,求感生电场的分布。

这个题目对于初学者来说,有一些难度,主要原因就在于感生电场是作为一个假设提出的,既没有理论推导,也没有实验探究,通过与静电场的对比,学生们可以掌握感生电场的性质。但是一涉及到计算,弱点就暴露出来了,一方面是高等数

学基础不扎实,另一方面就是对于式(2)没有完全理解,我们认为将感生电场与稳恒磁场类比教学非常有必要。在表3的最右侧,让同学们完善稳恒磁场的相关性质。

表3 静电场、感生电场和恒定磁场的比较

静电场	感生电场	稳恒磁场
由静止电荷产生	由变化磁场产生	由稳恒电流产生
$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\sum q}{\epsilon}$	$\oint_S \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{S} = 0$	$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$
$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$	$\oint_L \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S}$	$\oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu \sum I = \mu \int_S \mathbf{j} \cdot d\mathbf{S}$

感生电场线与磁感线都是闭合曲线,所以高斯定理形式相同。请同学们观察式(3)、式(4),找出物理量之间的对应关系: $\mathbf{E}_k$ 对应 $\mathbf{B}$, $\partial \mathbf{B} / \partial t$ 对应电流密度 $\mathbf{j}$ 。磁感线的绕行方向与电流的方向符合右手螺旋法则,因式(3)等号右侧的“—”号,所以感生电场 $\mathbf{E}_k$ 的绕向与磁场变化率 $\partial \mathbf{B} / \partial t$ 的方向满足左手螺旋关系,如图3所示。安培环路定理用来求解具备某种对称性的磁场分布,自然地,式(3)可以用来求解感生电场的分布。联想到无限长载流圆柱体的磁场,上面的例题就迎刃而解了。

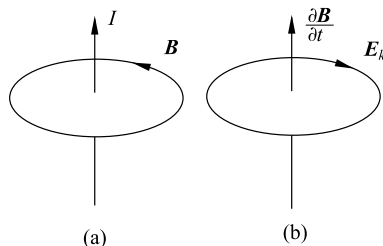


图3 右手与左手螺旋关系

(a) 磁场与电流之间的关系; (b) 感生电场与变化磁场之间的关系

通过梳理、整合静电场和感生电场的相同点和不同点,帮助学生澄清易混、易错点,使所学的知识系统化,深化对电场的认识和理解。为加强运用知识解决问题的能力,再次利用表格将感生电场与稳恒磁场进行类比,让学生们在横向比较中开阔思维,掌握解题的技巧,轻松突破教学难

点。认知整合策略促进学生对知识体系的有意义建构,化繁为简,有助于发展科学思维以及提高科学素养。

2 结语

类比法教学是将学生已掌握的知识和方法迁移至新知识的学习中,但在实际教学过程中,老师们往往采用“填鸭式类比”,也就是将得到的新概念、新规律和新公式直接与旧知识进行比较,学生们只能被动地接受知识,接受类比关系,无法在头脑中留下深刻的印象,或者根本没有理解为什么将这两个知识点进行类比,类比法教学也就失去了原有的意义。本文针对具体的教学内容,将基于认知冲突策略、启发引导策略和认知整合策略的类比法教学作了实例分析,充分说明了大学物理教学中方法和策略组合的重要性。作为老师,要根据教学目标、学生的特点和自身的风格,科学地运用多种教学方法和策略于教学实践,不断创新,课后积极反思总结,才能提高学生的学习效率,改善课堂教学质量。

参 考 文 献

- [1] 刘艳玲,古金霞,梁春恬,等. 新工科背景下建筑类高校大学物理教学改革研究[J]. 大学物理,2022,41(1):56-60.
LIU Y L, GU J X, LIANG C T, et al. Reform and exploration of college physics in architectural university under the background of new engineering education[J]. College Physics, 2022, 41(1): 56-60. (in Chinese)
- [2] 倪燕茹. 类比法和补偿法在大学物理教学中的运用与探讨[J]. 内江师范学院学报,2009,24(8): 83-86.
NI Y R. Application and analysis of analogy and compensation methods in the teaching of university physics[J]. Journal of Neijiang Normal University, 2009, 24(8): 83-86. (in Chinese)
- [3] 艾丽娜,李光,翟晓霞. 类比教学法在大学物理教学中的应用[J]. 科技创新导报,2015,12(2):124-125.
AI L N, LI G, ZHAI X X. The application of analogy teaching method in the teaching of university physics[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015, 12(2): 124-125. (in Chinese)
- [4] 陈彪. 物理教学技巧对大学物理理论教学的影响——以探究法、类比法、实验法为例[J]. 大学,2022,(8): 189-192.
CHEN B. The influence of physics teaching techniques on the theoretical teaching of college I physics—Taking inquiry method, analogy method, and experiment method as examples[J]. University, 2022, (8): 189-192. (in Chinese)
- [5] 袁玉珍,高金霞. 大学物理[M]. 北京:科学出版社,2021.
- [6] 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.
- [7] 程守洵,江之永. 普通物理学[M]. 北京:高等教育出版社,2016.
- [8] 吴百诗. 大学物理[M]. 西安:西安交通大学出版社,2016.
- [9] 常旭,冀园园. 工科专业大学物理教学中的课程思政——“以角动量守恒定律”为例[J]. 物理通报,2022,(6): 66-68.
CHANG X, JI Y Y. Curriculum ideology and politics in university physics teaching for engineering majors—Taking “the law of conservation of momentum” as an example[J]. Physics Bulletin, 2022, (6): 66-68. (in Chinese)
- [10] 渊小春. 类比法在电磁学教学中的应用[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2009,37:142-144.
YUAN X C. The application of the analogy in the electromagnetics teaching[J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2009, 37: 142-144. (in Chinese)
- [11] 温耐,王伟锋. 类比法在电磁学教学中的运用[J]. 物理通报,2013,(6):11-12.
WEN N, WANG W F. The utilization of the analogy in the electromagnetics teaching[J]. Physics Bulletin, 2013, (6): 11-12. (in Chinese)
- [12] 张宪贵,康艳霜,王云明,等. 类比法在电磁学教学中的应用研究[J]. 河北农业大学学报(农林教育版),2015,17(3): 109-111,119.
ZHANG X G, KANG Y S, WANG Y M, et al. Research on the application of the analogy in the electromagnetics teaching[J]. Journal of Agricultural University of Hebei (Agriculture & Forestry Education), 2015, 17(3): 109-111, 119. (in Chinese)