

思维导图融入经典力学的教学思维方法研究

高金霞

(山东理工大学物理与光电工程学院, 山东 淄博 255000)

摘要:《大学物理》课程中经典力学部分具有模型多,定义、定理、定律多,物理思维逻辑性强,关联性大,学习难度大等特点。融入思维导图,可将经典力学部分的知识点串点成线,关联成网,微观至点,宏观到面,物理思维发散点、发散方向灵动活跃,是一种非常適合大学物理的教学思维方法,是现有教学方法上的一种非常好的补充。

关键词:思维导图;经典力学;运动学;动力学

一、思维导图融入经典力学的必要性

《大学物理》课程是理工类高校本科生必修的一门重要公共基础课,在以OBE为理念的专业培养方案中,支撑工程知识的毕业要求,提供专业需要的数学自然科学基础知识,能够运用数学自然科学基础知识分析问题、研究问题。因此大学物理课程旨在通过物理学知识培养学生提出问题、解决问题、分析问题的物理逻辑思维能力和创新能力及应用意识。大学物理教学的内容和思想对后继专业课程的学习和科学素质的培养都具有深远而持久的影响。

经典力学是《大学物理》非常重要的基础组成部分,具有模型多,定义、定理、定律多,物理思维逻辑性强,关联性大,学习难度大等特点。传统教学方法,一般按力学规律一维方式依次展开教学,造成知识点、力学规律间关联性不明显,若教学过程中讲授不明确,要学生依靠通过大量练习自己去发现规律间的关联,必然造成教学效果大打折扣,事倍功半。力学规律的逻辑性在物理学中属于比较强的一部分,若教学过程中某个知识点或力学规律掌握不牢,不但影响这个理论的理解和使用,还会影响后面相关理论的学习。比如若力的定义理解不透彻,牛顿第二定律、冲量的定义、质点的动量定理、功的定义、质点的动能定理、力矩的定义等等有关定义和规律的理解、掌握及应用也会受到影响。因为力是改变运动状态(即动量)的因素,合力对时间的积累(即冲量)对应质点动量的增量,合力对位移的积累(即功)对应质点动能的增量。这样对于形成力学的体系化就像断了线的玉珠,散落一地。思维导图是一种发散性的、图像式思维的工具,源自脑科学理论,是表达发散性思维的简单有效而且实用的图形思维工具。应用思维导图这个工具优势明显,不但能串起力学知识点,还能将其关联成网,微观至点,宏观到面,使学生直观、总体把握到了知识点、知识点之间的逻辑关联,在学习过程中容易寻找物理思维的发散点、发散方向,对于形成物理思维起了重要作用。融入思维导图的大学物理教学思维方法顺应大脑的自然思维模式,加强记忆,激发右脑,是在现有教学方法的一种非常好的补充。

二、思维导图融入经典力学的教学方法

目前通用的经典力学的教学方法是以“理”为纲延伸展开教学,围绕着三大守恒定律:动量守恒定律、角动量守恒定律和能量守恒定律,穿插着各物理量的定义。这种教学方法强调了顺序性,弱化了定义、定理、定律间的前后、平行、三维关系上的关联性。融入思维导图后完全可以改变这种传统教学方法,加强关联性,全面立体学习和掌握物理学知识。

“物理”不但内涵了物理课程的内容,而且深涵经典力学的教学方法:“物理”二字,“物”在前,“理”在后,解决物理问题应先物后理,所以先确定研究对象,针对具体研究对象,抓主要因素,次要因素,将其抽象成物理力学模型,如质点、质点系、刚体等。再根据研究对象的运动形式选择合适的物理学规律,比如质点的物理学规律有牛顿第二定律、质点的动量定理、质点

的动能定理、机械能守恒定律、质点的角动量定理、质点的角动量守恒定律等等。最后运用数学工具,同时考虑物理意义计算、解决问题。思维导图融入经典力学的教学方法采用先物后理的顺序,以“物”为中心点,辐射出“物”所遵守的规律进行教学。经典力学的教学分别以理想模型质点、质点系、刚体作为中心点,画出其运动学、动力学中的物理量、物理规律的思维导图,画出全部相似或关联物理量、物理规律直接对比的思维导图,进行直观比较它们的区别和联系,加强对比,加深理解。这种结合思维导图的教学方法,顺应对事物的认知顺序,使抽象的物理学规律通过理想模型具象化、丰富化。思维导图中既有物理学规律的纵贯线又有横贯线,每个规律都多次在不同思维导图中出现,强化了记忆,加深了理解,教学效果明显好于传统思维方式。

三、经典力学的思维导图

经典力学部分应用思维导图进行教学,可以使学生从整体上把握经典力学的内容。例如由科学出版社出版的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《大学物理》第四版中,第一篇力学篇分为七章,前四章为经典力学部分,教材编写特色是以动量守恒定律、角动量守恒定律、能量守恒定律等三大守恒定律为主线展开经典力学的教学,虽然主线明确,概念、原理阐述清晰简洁准确,但该教材使用过程中发现学生难以从该高度细致掌握全部经典力学内容,有时还存在使用定义、定理、定律混乱的现象,物理量之间的数学逻辑关系也会难以厘清,导致经典力学部分掌握不好,错误较多的现象。在教学过程中融入思维导图后,打破了原来的教学内容顺序,建立了章节之间、研究对象与物理规律之间的联系,实现了跨章节进行知识点的梳理,建立了经典力学知识体系,使学生能够很容易的根据研究对象进行思维发散,联想相应的力学规律,能顺利解决相关的力学问题,测试结果发现使用这种教学方法后,学生的学习效果良好。

经典力学知识体系的思维导图,可以一目了然地看到经典力学涉及的物理量和物理规律。物理量有位置量和作用量,位置量如《大学物理》教材第1章力学基础中描述质点运动学的线量有位置矢量、位移矢量、速度、加速度(切向加速度、法向加速度),角量有角位置、角速度、角加速度以及线量与角量的关系。作用量如第2章动量守恒定律中的动量、冲量,第3章角动量守恒定律中的角动量、转动惯量,第4章能量守恒定律中的功、动能、势能等。规律以质点、质点系、刚体三种物理模型对应的规律。该思维导图打破了教材中平铺直叙的章节分布,实现经典力学知识体系化。

融入思维导图后,经典力学的教学根据先“物”后“理”,由简入繁的顺序,研究对象分别以质点、质点系、刚体为中心,辐射力学规律展开,力学规律分为运动学规律和动力学规律。打破原有的章节结构,寻找经典力学规律的新的关联点。比如以“质点”为理想模型,相关联的物理学规律有第1章描述质点一般运动的线量及其关系,描述质点圆周运动的角量及其关系,第2章

的牛顿运动定律、质点动量定理、动量守恒定律（惯性定律），第3章的质点相对固定点的角动量、质点角动量定理、质点角动量守恒定律，第4章的质点动能定理等。如图2所示的质点的思维导图，打破了传统教材的章节结构，以质点为思维发散点，分别展开质点运动学和质点动力学的教学。质点运动学中用到的物理量有位置矢量、位移、速度、加速度等线量，和角位置、角速度、角加速度等角量。质点的运动运动形式可以分为一般线运动和圆周运动，由物理量之间的数学逻辑关系，分析得出质点运动学的两类问题，已知运动方程求速度或加速度，或者已知加速度求速度或运动方程。质点动力学研究作用，物体间的相互作用即为力，力对时间的积累改变质点运动状态，力对空间的积累改变质点的动能，力对固定点产生的力矩，改变质点对固定点的角动量，对应各物理量的定理。反过来，力没有积累就不会改变相应的物理量，即使这个物理量的守恒定律。这样相关知识紧紧围绕质点，以思维导图的形式形成了全新的教学模式，使得物理规律更加有序易学。

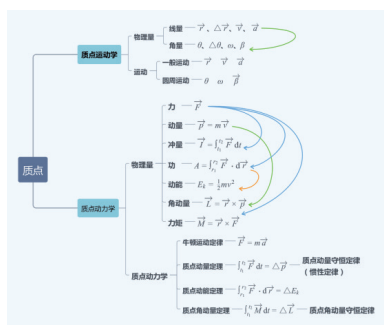


图1 质点的思维导图

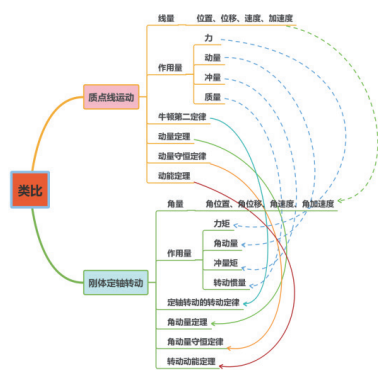


图2 质点与刚体类比的思维导图

同理，我们也可以以质点系和刚体为中心，按照运动学、动力学规律，用思维导图的形式整理出相关力学物理量和力学规律，直观寻找物理量、物理规律之间的联系。质点系的平动、转动、平面运动，质心、质心运动定理、质点系动量定理、质点系动能定理等；刚体的平动、转动、平面运动，刚体定轴转动的角动量、转动惯量、力矩、转动定律、角动量守恒定律等等，这里就不一一列举。

使用思维导图还可以直观表现物理教学过程中常用的类比教学方法，将两种不同研究对象的物理量、物理规律放到同一个思维导图中，进行类比学习，尤其是两个相近的、比较容易弄混的物理学规律，与其保持关系模糊，不如直接坦然对比。这样能加强两种研究对象及其物理学规律的区别和联系，对两种研究对象和规律都有更加深刻的理解和记忆。例如思维导图3中将质点线运动与刚体定轴转动进行类比，描述质点线运动的物理量和描述刚体定轴转动的角量，描述质点线运动的作用量力、动

量、冲量、质量与描述刚体定轴转动的力矩、角动量、冲量矩、转动惯量，质点线运动的运动规律牛顿第二定律、动量定理、动量守恒定律、动能定理与刚体定轴转动的转动定律、角动量定理、角动量守恒定律、转动动能定理等等之间都可以进行类比教学。举个例子，比如质点的牛顿第二定律，是质点动力学的基本规律，其数学表达式为： $\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ ，引出质点动

力学的两类问题： $\vec{F} \leftrightarrow \vec{a} \leftrightarrow \vec{v} \leftrightarrow \vec{r}$ ，已知力求加速度、速度、运动方程或已知运动方程求速度、加速度、力。刚体定轴转动的转动定律是刚体定轴转动的动力学基本规律，其数学表达式为：

$$M_z = J_z \beta = J_z \frac{d\omega}{dt} = J_z \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$M_z \leftrightarrow \beta \leftrightarrow \omega \leftrightarrow \theta$ ，已知力矩求角加速度、角速度、转动方程，或已知转动方程求角速度、角加速度、力矩。与牛顿第二定律数学表达式从物理量的对应关系，到物理量之间的数学逻辑关系，到可以解决的力学问题都具有相似的地方，因此教学过程中使用类比的数学方法，能加深对两个动力学基本规律的理解和掌握。

四、思维导图应用到大学物理教学中的效果

在2020-2021-1学期的大学物理课程的教学过程中，承担自动1901、1902班，机制1901、1902班，计科1901、1902班，共六个班的教学任务，对自动1901、1902、机制1901、1902四个班使用思维导图融入大学物理经典力学的教学方法，同一个知识点从不同的思维方向，将其反复编制到不同思维导图中，多次与其他力学知识点进行思维联系和类比、对比，学生建立了全面的力学知识体系。六个班的成绩对比及结论如：

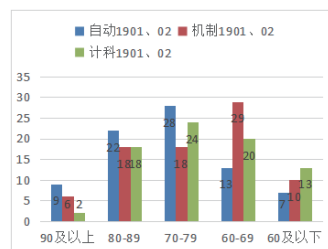


图3 六个班成绩分布人数对比图

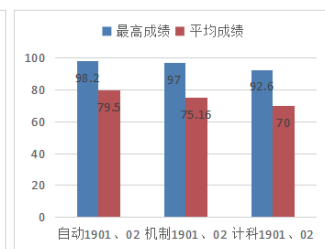


图4 六个班最高成绩、平均成绩对比图

通过对比发现：

融入思维导图的形式进行教学，并梳理和总结课程知识的班级，期末测试成绩比其他方法教学的班级成绩好。无论是高分分数段人数、最高成绩和平均成绩均有明显的提高。比如自动1901、1902两个班的各成绩分数段人数重心靠上，更集中于80-89、70-79两个分数段，呈非常合理的正态分布；而计科1901、1902两个班各分数段人数更集中于70-79、60-69两个分数段，虽然也呈正态分布，但重心偏下。

五、思维导图融入大学物理经典力学教学思维方法的思考

根据我在教学过程中思维导图融入大学物理课程教学思维方法的研究和使用，可以非常肯定的是，这种思维方法对于任课教师和广大理工本科生都具有非常重要的教学作用和效果，值得在大学物理课程其他内容的教学过程中推广使用，可以使大学物理的教学更具有统筹性、条理性、直观性、关联性。虽然思维导图融入大学物理教学比传统思维方式教学有很多优点，具有非常好的教学效果，但还有不能全部表达的地方，不能单一使用来代替全部教学方法，还应结合其他的教学方法，全方位提高教学效果。

参考文献：

[1] 袁玉珍，高金霞. 大学物理[M]. 北京：科学出版社，2021.