

运用类比法的教与学

——以质点、质点系和刚体的动量定理、动能定理及角动量定理为例

莫云飞 郭有能 曾 可 陈 英

(长沙学院电子信息与电气工程学院 湖南 长沙 410022)

[摘要] 随着大学招生规模的不断扩大,但在众多二本院校的理工科学生当中,有许多学生因《大学物理》涉及许多苦涩的物理概念及复杂抽象的数学公式而造成在学习中感到非常的艰难,从而影响学习《大学物理》的积极性。为提高教学效果,许多教师都引进了许多教学方法,而“类比法”就是其中之一。“类比法”能帮助学生将知识化抽象为形象,有助于理解知识点。在《大学物理》中的力学部分学习中运用“类比法”能帮助学生总结并归纳知识框架结构,甚至有利于提高学生发散思维与迁移能力。

[关键词] 大学物理; 类比法; 教学方法

1、引言

《大学物理》课程是我校所有理工科专业开设的一门非常重要的公共基础课程。该课程主要以我校理工科专业的大学一、二级的学生为授课对象,目的是以物质运动的规律及物质基本结构等内容为基础,来培养当代大学生形成思考和分析问题及解决问题的能力的基本能力,为以后的研究生学习孕育必要的科学素养。《大学物理》课程的主要授课内容分别为力学、热学、电磁学、光学和近代物理五大部份^[1]。其中力学部份有三种重要的模型:质点、质点系和刚体。质点被理想化为只有质量但大小和形状被忽略的几何点;质点系则被理想化由无数个质点组成的系统,但任意一对质点之间却存在内力;而刚体则被理想化为一组特殊的质点系,在运动过程中,刚体的形状及刚体内任意一对质点的距离都保持恒定。

2、教学现状

我校90%以上的大学一、二年级的理工科学生在中学力学方面学习中一般只涉及到与质点平动相关的牛顿三大定律,只有少数学生接触过冲量、动量定理等概念,但对于角动量和角动量定理,则知之者甚少。而关于质点系和刚体这种稍微复杂的物理模型对于大一新生更是非常陌生,因此学生每次学习质点系和刚体时就会非常困惑,比如:保守力、非保守力、力矩、角速度、角加速度和角动量等,及相应动量定理和角动量定理。另外,需要新的思维方式来考虑新的问题,中学学习的物理量都是与时间和空间无关的常量,而大学学习的物理量则都是与时间和空间相关的变量。例如:一个大小和方向都在随时间变化的变力 $\vec{F}(t)$ 在《大学物理》力学这一章节中,有太多的牵涉到积分的数学公式,许多学生很难理解具有积分形式数学公式背后的物理含义,所以为了消除学生在目前遇到的学习困难,教师应当掌握多种教学技能和技巧,其中“类比法”就是其中最常用的一种方法^[2-4],通过陌生的质点系及刚体的平动和转动与熟悉的质点平动之间的类比,找到两者之间的各种联系和区别,从而进一步加深记忆和理解动量定理、动能定理及角动量定理。

3、类比法在质点与质点系之间及质点系与刚体之间教学中的应用

所谓类比法就是找出两个(或两类)研究对象之间在某些方面具有相同或相似之处的一种逻辑方法。类比法能帮助学生启发和开拓思维,帮助学生找到解决问题的线索,对学生学习大学物理将发挥着积极巨大的作用。

3.1、运用类比法学习质点和质点系的动量定理

质点动量定理的微分形式: $\vec{F} = m\vec{a} = \frac{d\vec{p}}{dt}$,微分形式表示质点动量随时间变化的原因是由于受到合外力的作用。

质点动量定理的积分形式: $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \cdot dt = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$,积分形式表

示合外力对时间的累积,其产生的效果便是质点动量的增量,其中合外力对时间的累积称为质点受到的冲量。

质点系动量定理的微分形式: $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$,其中($\vec{F} = \sum \vec{F}_i$, $\vec{P} = \sum \vec{p}_i$),

微分形式表示整个质点系动量随时间变化的原因是由于受到合外力的作用。

质点系的动量定理的积分形式: $\int_{t_1}^{t_2} (\sum_{i=1}^n \vec{F}_{i,外}) \cdot dt = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_{i,2} - \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_{i,1}$,积分形式表示作用在该质点系上合外力的冲量等于该质点系上总动量的增量,其中合外力对时间的累积称为质点系受到的冲量。

将质点动量定理与质点系的动量定理的微分形式进行类比,可知合外力都是动量变化的原因。将两者的积分形式进行类比,可知冲量是原因,动量的增量都是结果。但由于质点系是由多个质点组成,因此质点系动量的增量是表示整个系统末状态时所有质点动量的矢量和减去整个系统初始状态时所有质点动量的矢量和。

3.2、运用类比法学习质点和质点系的角动量定理

质点角动量的微分形式: $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$,微分形式表示质点角动量随时间变化的原因是由于受到合外力矩的作用。

质点角动量的积分形式: $\int_{t_1}^{t_2} \vec{M} \cdot dt = \int_{t_1}^{t_2} \vec{L} \cdot dt = \vec{L}_2 - \vec{L}_1$,积分形式表示合外力矩对时间的累积产生的效果就是质点角动量的增量,其中合外力矩对时间的累积称为质点受到的冲量矩。

质点系的角动量微分形式: $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$,其中($\vec{M} = \sum \vec{M}_i$, $\vec{L} = \sum \vec{L}_i$),微分形式表示质点系角动量随时间变化的原因也是由于受到合外力矩的作用。

质点系的角动量积分形式: $\int_{t_1}^{t_2} (\sum_{i=1}^n \vec{M}_{i,外}) \cdot dt = \sum_{i=1}^n \vec{L}_{i,2} - \sum_{i=1}^n \vec{L}_{i,1} = \vec{L}_2 - \vec{L}_1$,积分形式表示是作用在质点系上合外力矩对时间的累积,产生的效果便是质点系角动量的增量,其中合外力矩对时间的累积称为质点系受到的冲量矩。

将质点角动量定理和质点系角动量定理的微分形式进行类比,可知合外力矩是角动量变化的原因。将两者的积分形式进行类比,可知冲量矩是原因,角动量的增量是结果。但在质点系中任意一对质点的内力大小相等且方向相反,这一对内力相对于某一个参考点或参考系产生的内力矩矢量和为0,因此改变质点系的角动量只能是合外力矩。

3.3、运用类比法学习质点和质点系的动能定理

质点的动能定理: $W = \int_1^2 dW = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{r} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$,其意义是合外力对质点所做的功,产生的效果是质点的动能的增量。

质点系的动能定理: $\sum_{i=1}^n \int_1^2 \vec{F}_{i,外} \cdot d\vec{r}_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \int_1^2 \vec{F}_{i,j} \cdot d\vec{r}_i = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i v_{i,2}^2 - \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i v_{i,1}^2$,

其意义是合外力对质点系所做的总功+内力对质点系做的总功，产生的效果便是质点系总动能的增量。

将质点动能定理和质点系动能定理进行类比时，由于质点系内任意一对质点的内力做功不为0，因此质点系动能的增量来源于外力做功和内力做功的共同贡献。

3.4、运用类比法学习质点系和刚体定轴转动的角动量定理

刚体定轴转动角动量的微分形式： $\vec{M}_z = \frac{d\vec{L}_z}{dt} = \frac{d(J\vec{\omega})}{dt}$ ，其意义是刚体定轴转动的角动量随时间变化的原因是由于受到合外力矩的作用。

刚体定轴转动角动量的积分形式： $\int_{t_1}^{t_2} \vec{M}_z \cdot dt = \vec{L}_z - \vec{L}_1 = J_2 \vec{\omega}_2 - J_1 \vec{\omega}_1$ ，其意义是作用在刚体上合外力矩对时间的累积，产生的效果便是刚体角动量的增量，其中合外力矩对时间的累积称为刚体受到的冲量矩。

将刚体定轴转动角动量定理与3.2中质点系的角动量定理进行类比，发现两者的数学形式基本相同，这是因为刚体可以被认为是一组特殊的质点系，刚体内任意一对质点的相对位置在运动过程中不发生改变，因此两者角动量定理的形式相同。

3.5、运用类比法学习质点和刚体定轴转动的动能定理

刚体定轴转动的动能定理： $W = \int dW = \int_{\theta_1}^{\theta_2} M_z d\theta = \int_{\omega_1}^{\omega_2} J \omega d\omega = \frac{1}{2} J \omega_2^2 - \frac{1}{2} J \omega_1^2$ ，其意义为作用在刚体上合外力矩做的功，产生的效果便是刚体转动动能的增量

将刚体定轴转动的动能定理与3.3中质点动能定理进行类比，外力做功是平动动能增量的原因，外力矩做功是转动动能增量的原因。

3.6、运用类比法学习质点系和刚体系统的功能原理和机械能守恒定律

对于质点系和刚体的功能原理都满足：，其意义为系统外力做功与非保守内力做功之和等于系统机械能的增量。

对于质点系和刚体的机械能守恒都满足：（或只有保守内力做功）时，系统机械能守恒。

通过类比法既辨别了质点、质点系和刚体之间的区别，又找到了它们之间运动规律的联系，这样很大的提升了学习效率。

4 结束语

物理学是自然科学的基础，与数学一起成为带头科学，一直在科学技术发展中发挥着极其重要的作用。而理工科大学生通过学习大学物理，可以培养自身的严谨科学态度、良好的科研素养及求真创新的能力。然而《大学物理》课程中包含众多的物理概念和复杂的数学公式，让学生感到学习物理的煎熬。为了能减轻学生的这份痛苦，教师不仅仅需要能掌握多种教学技能，更需要对整个大学物理众多知识进行把握和梳理，进而对知识点进行归纳和总结，把具有相同或相似的物理模型、物理现象、物理概念、物理性质和物理规律进行类比，找出它们之间的差异及联系，并且帮助学生在大学物理的五大部分知识点中都能找到各自的一条主线，从而大大减轻学生的学习负担。

参考文献

- [1] 赵近芳, 张登龙. 大学物理简明教程[M]. 3版. 第1-42页, 北京: 北京邮电大学出版社. 2017
 - [2] 朱家昆, 周中汉, 蔡亚璇, 徐玲芳, 陈能. 运用类比法来学习大学物理中的刚体转动[J]. 教育教学论坛. 2019, 33: 168-169.
 - [3] 白述道. 运用“类比法”打造高效物理课堂[J]. 中国校外教育. 2019, 10: 136.
 - [4] 毕晓微, 胡银泉. 利用类比法学习物理的3个切入点. 物理通报. 2019, (5): 49-53.
- 基金项目: 国家自然科学基金(11747123); 湖南省自然科学基金(2018JJ3560); 长沙市科技计划项目(kc1809022), 2017年湖南省普通高等学校教学改革研究项目“虚拟仿真技术在新工科建设中的应用研究—以光电信息工程专业为例”(编号: 2017-480)
- 作者简介:
莫云飞, 男, 湖南衡阳, 博士, 从事大学物理教学和研究
通讯作者: 郭有能, 男, 广东南雄, 博士, 从事大学物理教学和研究.

(上接第519页)

习情况做出客观评价，通过客观评价，也能够反映出翻转课堂的应用效果，在很大程度上，可以实现预期的教学目标。教师在评价时，除了要注重成品，也应该重视学生的实际操作表现，经过讨论，强化学生的自主思考能力。比如说，在劳技课中，对《模型制作》进行评价时，一方面要看学生展示的成品，另一方面还要关注学生在整个操作过程中的表现，在遇到困难时，采用的解决对策等，通过这层表现，可以充分表现出学生的问题解决能力。另外，对模型进行制作的过程中，有些学生打破了教材的束缚，制作出了具有创新性的作品，充分体现了学生的创新精神。在最后环节，教师要组织学生展开问题讨论：“在模型制作中，请学生们说说自己的收获等，经过学生的讨论，可以体现出翻转课堂的实际成效，由此可见，在劳技教学中，教师应该重视翻转课堂模式，让学生发挥自身的优势，做出客观评价，从而实现的教学目标。

4 结束语

综上所述，在初中劳技教学中，教师应关注学生的自主性，

培养学生的探究精神，强化学生的“自学”理念，在翻转课堂的影响下，需要进一步调整教学方法，在实践中，积极调动学生的积极性，在实践中，激发学生的想象力，进而形成良好的劳技素养，从而实现学生的全面发展。

参考文献

- [1] 倪梁怡. 翻转课堂在中学劳技教学中的应用[J]. 创新时代, 2015(6): 70-71.
- [2] 黄毓卿. 谈在初中劳技教学中学生技术素养的培养[J]. 福建教育学院学报, 2008(06): 91-92.
- [3] 徐胜雷, 程燕英. 翻转课堂在劳技教学中的应用研究[J]. 创新时代, 2014(10): 68-69.
- [4] 祁燕. 初中劳技翻转课堂模式的实践与思考[J]. 文化创新比较研究, 2018, 2(32): 186-187.

作者简介:

张月华, 女, 1986.1, 出生, 汉族, 上海, 本科学历, 中学一级职称, 研究方向初中劳技教育教学