

# 基于“圆周运动”模型建构的高中物理深度学习\*

毛宁 吴峰 惠治鑫 冯国林

(宁夏师范学院物理与电子信息工程学院 宁夏 固原 756000)

(收稿日期:2022-02-27)

**摘要:**将传统学习环节依据布鲁姆教育目标分类学划分层级,以“圆周运动”模型建构为载体,研究如何从传授知识为主的传统课程过渡到以知识育人的课程改革,培养学生的建模能力.以模型建构教学为例开展深度学习教学设计,实现从浅层学习到深度学习的跨越.

**关键词:**圆周运动 模型建构 高中物理 深度学习

深度学习是在教师的引领下,学生围绕具有挑战性的学习主题,全身心积极参与,体验成功,获得发展的有意义的学习过程<sup>[1~4]</sup>.《普通高中物理课程标准》(2017年版)将学业质量水平划分为5个水平,将知识考查划分为一个由浅到深的过程,这对于学生学习能力的要求也是由浅到深的.其实,早在1956年布鲁姆在《教育目标分类学》里关于“认知领域目标”的探讨中,对认识目标的维度划分就蕴含了深度学习的思想,布鲁姆从学习目标层面对学习层次进行了划分,将学习过程中学生掌握程度的深浅作为划分学习层次的主要依据<sup>[5]</sup>.如表1所示.

表1 布鲁姆教育目标分类

教育目标分类	学习层次划分	主要特征
了解 理解 应用	浅层学习	简单提取、机械记忆 符号表征或浅层了解逻辑背景等低阶思维活动
分析 综合 评价	深度学习	理性思辨 创造性思维 问题解决

除此之外他们针对学习动机、策略、投入程度、思维层次和迁移能力等开展了研究.国内研究起步较晚,黎加厚教授在《促进学生深度学习》探讨深度学习的理论如何以能力为导向<sup>[6]</sup>.2011年以后,为了满足课程改革持续深入的需要,田慧生带领团队

针对深度学习展开研究<sup>[7]</sup>.艾根(Egan.K)针对深度学习应该采取的基本原则和实现的途径进行了思考,就深度学习促进学生发展和教师发展进行了实验论证<sup>[8]</sup>.从知识论的角度出发,针对深度学习的“深度”(depth)进行了解释.提出知识学习的充分广度、充分深度、充分关联度3个基本标准,便于教育工作者对深度学习和浅层学习进行区分<sup>[8,9]</sup>.

本文选择以“圆周运动”模型建构进行探讨,模型建构过程包涵情境抽象、模型建立、模型验证、模型重构、模型应用、模型迁移、模型评价等一个完整的过程.物理知识的学习通过模型建构的方式进行学习,从物理情境抽象到物理模型的形成,对物理模型进行验证与重构的浅层学习,到对知识(物理模型)的应用、迁移和评价的深度学习.

## 1 基于新课标的教材分析

普通高中物理课程标准(2017年版)对于“圆周运动”提出的要求是“会用线速度、角速度、周期描述匀速圆周运动.知道匀速圆周运动向心加速度的大小和方向.通过实验,探究并了解匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量的关系.能用牛顿第二定律分析匀速圆周运动的向心力<sup>[10]</sup>.”在教师的引导下,通过预设的物理情境感知生活中圆周运动的普遍性,组织学生结合具体事例概括圆周运动的

\* 宁夏自然科学基金资助项目,项目编号:2021AAC03241;固原市科技计划项目,项目编号:2020GYKYF006

作者简介:毛宁(1995-),男,在读硕士研究生,研究方向为物理教学.

通讯作者:惠治鑫(1982-),男,博士,教授,主要从事低微材料的热力学性能和能量传输方面的研究.

特点,描述圆周运动.再根据牛顿第二定律,建立向心力的方向和表达式.最终,以生活中更为常见的变速圆周运动、一般曲线运动,教材简单介绍了研究的方法,由特殊到一般,层层递进.

## 2 基于模型建构的教学过程设计

### 2.1 从了解身边的圆周运动开始

举例生活中几种学生熟悉的运动画面,如游乐场里面的摩天轮、缓慢转动的风力发电机扇叶、杂技演员手中旋转的篮球,被绳子拉着的小球在竖直平面内运动.

### 2.2 结合物理情境抽象出圆周运动特点

巧妙的问题链设计,有助于模型建构教学过程中对教学方向的把控,同时问题链可以引导学生开始对圆周运动特点进行概括.

**问题 1:**日常生活中还有这样的运动吗?

依据学生列举的一些生产和生活中的圆周运动实例.例如公园里摩天大轮的运动、缓慢转动的风力发电机扇叶、杂技演员手中旋转的篮球等.

**问题 2:**上述几种运动存在什么共同特点?

**问题 3:**做圆周运动的物体上的质点,不同位置运动情况不同,该如何描述呢?

以生活中物理情境与演示实验开始探究,引导学生对做“圆周运动”物体的运动的轨迹开始分析,做到理论与生活实践相结合,激发学生的求知欲望.

**问题 4:**是否可以通过“速度”来描述圆周运动的快慢?

**问题 5:**做圆周运动的物体上的质点不同位置运动快慢不同,该怎么描述?

**问题 6:**除了比较“速度”还有什么方法可以比较圆周运动的快慢?

在问题的引导下学生根据自身的经验,经过交流讨论,大致可形成以下 4 种方法.

**方法 1:**比较物体在相同时间内通过的圆弧长短.

问题设计的意图在于引导学生分组讨论、探究,学生可以利用简单的直尺和笔绘制不同位置质点运动的轨迹——圆弧长度.对弧长大小进行比较,引导学生得出线速度的概念.

**方法 2:**比较物体在相同时间内半径转过的角度.

演示不同速度转动的物体相同时间转过的角度,通过演示实验与学生记住思考,最终得出角速度的概念.

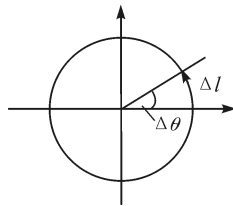


图 1 线速度与角速度之间的关系

**方法 3:**比较物体转过一圈所用时间;

**方法 4:**比较物体在一段时间内转过的圈数.

利用方法 3 和方法 4 引出描述圆周运动快慢的两个物理量:周期和转速.

### 2.3 依据新知识建立“圆周运动”模型

**问题 7:**如图 2 所示,在松木板上用图钉固定细线的一端,另一端系个铁球.给铁球一个初速度,使其做圆周运动,为什么小球会慢慢停下来?在什么情形下,小球的转动可视为匀速圆周运动?

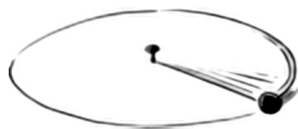


图 2 铁球在细线牵引下做圆周运动

**问题 8:**能否对做匀速圆周运动的小球进行受力分析?

学生:小球受重力、支持力还有细线拉力的作用.重力和支持力抵消,因此,拉力就是小球受到的合力,沿半径指向圆心.

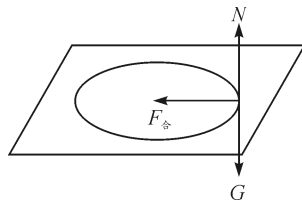


图 3 小球受力分析

**问题 9:**能否根据牛顿运动第二定律  $F = ma$  分析匀速圆周运动的向心加速度?

### 2.4 探究向心加速度大小的表达式

帮助学生回顾向心加速度的定义式:从  $\Delta v$  入手.

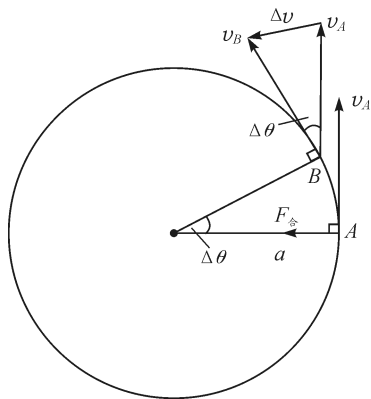


图4 质点从A到B的速度变化量

在图4中,  $v_A$  和  $v_B$  是在时间间隔  $\Delta t$  前后的速度, 为了求出两者之差  $\Delta v = v_B - v_A$ , 我们移动  $v_A$ , 将  $v_A, v_B$  共起点. 由加速度定义式可知只有当  $\Delta t$  极小时  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  才能表示物体的加速度, 也就是A和B两点接近时. 找出三角形中物理量的关系就能求得  $\Delta v$ .

推导过程: 已知  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , ( $\Delta t \rightarrow 0$ )

$\Delta v = v_B - v_A$ , 且  $v_B = v_A = v$

$\Delta t \rightarrow 0$  时  $\Delta\theta \rightarrow 0$ , 可以得到  $\Delta v = v\Delta\theta$ .

代入  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  得

$$a = v \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (\Delta t \rightarrow 0) \quad a = v\omega$$

由此学生建构匀速圆周运动向心加速度模型

$$a_n = \frac{v^2}{r} \quad a_n = \omega^2 r \quad a_n = \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

## 2.5 圆周运动模型的检验

**【例题】**如图5所示是一台参加自行车拉力赛的参赛车图片, 已知与脚踏板链接的传动齿轮半径大小0.2 m, 后轮齿轮半径大小为0.1 m, 后轮直径为0.5 m. 求: 当自行车想以  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的速度行驶时, 传动齿轮的转动速度为多少? 如果后齿轮直径可以调节, 不改变传动齿轮速度的前提下为了在平直路段超越前方对手, 该怎么调节齿轮?



图5 自行车图片

这是对学生关于“圆周运动”模型内物理量关

系的考查, 不仅考查  $v = \omega r$  知识点, 更考查学生能否简化自行车结构建立起同轴转动与“皮带”模型, 考查学生对于圆周运动模型的迁移与应用模型进行评价的能力, 是对“圆周运动”模型的综合考查.

学生应建立起这样的物理模型, 如图6所示.

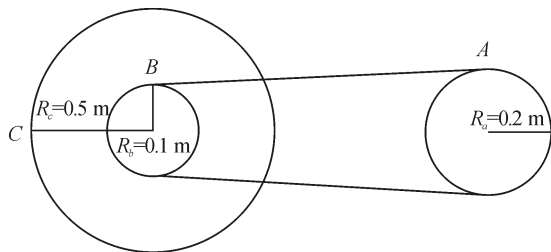


图6 简化后的自行车模型

(1) 对问题进行分析: 可知A和B间具有相同的线速度  $v_A = v_B$ , B和C间具有相同的角速度  $\omega_B = \omega_C$ , 接着根据  $v = \omega r$  进行计算. 得出

$$v_A = 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

为了在平直路段超越前方对手, 就需要增大速度, 在不改变传动齿轮速度的前提下, 应该减小后齿轮的直径.

## 2.6 圆周运动模型迁移与评价

如图7所示, 在圆锥摆中, 向心力  $F_n$  与细线拉力  $T$ 、圆锥半顶角  $\theta$  之间满足什么数学关系?

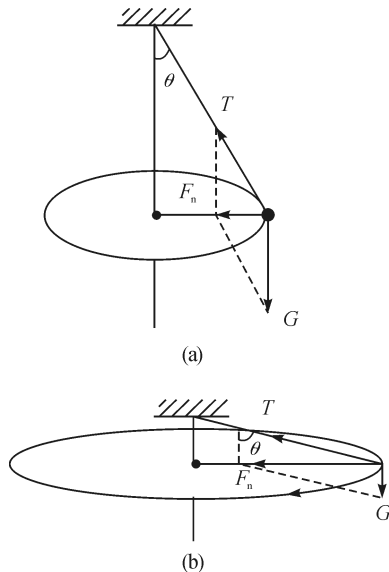


图7 不同夹角下的受力情况

在传统教学中学生对于知识学习普遍存在“接受—理解—巩固—解题”的现象, 转变为“参与—体验—内化—外延”的学习模式, 圆周运动模型的深度学习过程包涵情境抽象、模型建立、模型验证、

模型重构、模型应用、模型迁移、模型评价等一个完整的过程. 模型建构过程中我们需要学生应用认知领域、人际领域、个人领域的的能力进行物理模型的建构. 在认知领域方面我们需要从知识掌握与问题理解、批判性思维、问题解决能力去进行模型建构; 在人际领域方面我们需要从合作能力和交流表达能力辅助团队开展工作; 在个人领域方面我们需要从学习心态和学会学习能力帮助学生进行深度学习. 物理知识的学习通过模型建构的方式进行学习, 从物理情境抽象到物理模型的形成, 对物理模型进行验证与重构的浅层学习, 到对知识(物理模型)的应用、迁移和评价的深度学习. 如图8所示.

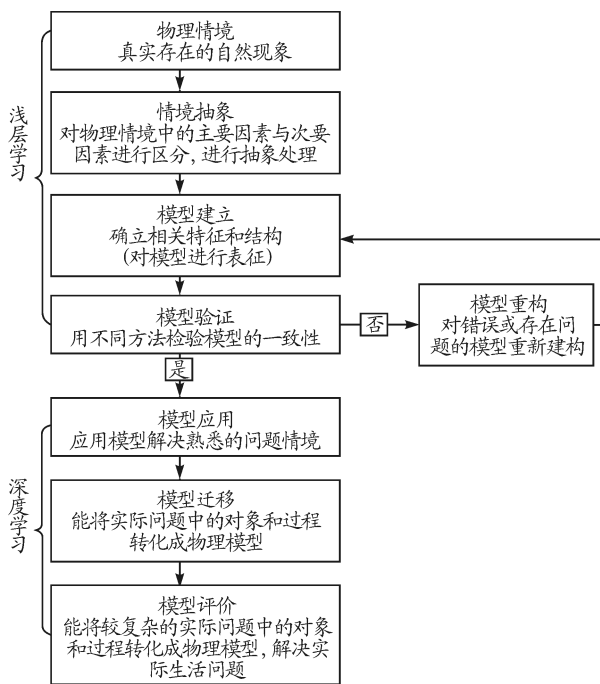


图8 模型建构一般过程

### 3 基于模型建构的深度学习的教学反思

物理是以实验为基础的学科, 模型被视为是对真实世界的表征, 建模是建构或修改模型的动态过程<sup>[11]</sup>. 建模教学是教师引导学生从复杂的现象中, 抽取能描绘该现象的元素或参数, 并找出这些元素或参数之间的正确关系, 建构足以正确描述、解释该现象的模型的过程<sup>[12]</sup>. 学生掌握物理模型相较于科学家建立模型的过程相对简单, 建模教学过程中, 学生以探究的形式展开, 对物理情境进行抽象处理, 提出猜想和假设、进行验证与重构从而获得物理模

型. 学生经历模型建构的过程存在以下好处: 从知识获得角度来看, 自主建构的知识容易与学生的认知发展相符合, 容易顺应与平衡. 其次, 模型建构过程是将学生原有认知中的概念与经验相结合, 获得新知识的过程, 这一过程可以加深学生对知识间逻辑关系的认识; 从知识育人角度来看, 模型建构过程是在激发学生直接经验与原有知识的基础上, 引导学生概括物理情境的主要特征与内在规律的过程, 需要学生应用知识解决问题, 获得新知识促进学生思维发展的一个过程, 是学生作为主体参与课堂教学获得寻求思维发展的过程.

#### 3.1 圆周运动哪里来 —— 突出物理情境

物理问题情境是教师将学生置于探索未知物理原理的教学环境, 使学生经历激疑、生疑、释疑和明了的过程, 是学生在提出问题、思考问题和解决问题的动态过程中主动参与物理学习引发积极思维与物理能力培养的环境. 通过物理情境向学生传达圆周运动的普遍性, 突出研究圆周运动建构圆周运动模型的价值.

#### 3.2 圆周运动的特点 —— 突出情境抽象

物理情境创设后, 如何从情境中提取有用信息, 确定影响因素是模型建构教学的进一步需求. 学生根据情境分析出主要因素和次要因素就显得尤为重要, 情境抽象能力是对学生观察能力、概括、总结能力的一种培养和锻炼, 是对学生以后面对类似问题时如何快速提炼主体因素的能力的养成.

#### 3.3 理想的匀速圆周运动哪里来 —— 突出模型建构

物理建模就是依据已有知识经验, 对一类问题构建问题背景图景, 并用物理模型解释和预测现象的科学思维能力的科学实践活动<sup>[13]</sup>. 在新课导入环节, 创设的物理情境都是生活中的圆周运动, 如何从生活中的圆周运动到匀速圆周运动? 学生们可以从自由落体运动模型建构的经验中得到启发, 运用理想化的方法, 忽略阻力对圆周运动的影响, 将物体抽象为质点, 即可构建出理想的匀速圆周运动模型. 还可以采用类比联想、等效替代、假设验证等方法构建圆周运动模型.

### 3.4 圆周运动规律的推导 —— 突出模型验证与重构

学生可以在一定的物理情境基础上提出某些定性的观点,对于讲究描述物体间相互关系来说,简单的定性描述显得单薄.需要在物理情境与物理规律之间形成清楚地逻辑关系,对直接经验、物理规律、元认知规律经过递进推理,最终达到清楚的认知.以模型建构为载体经历“定性→半定量→定量”的过程.

### 3.5 圆周运动模型的应用、迁移与评价 —— 突出由浅层学习迈向深度学习

模型建构过程中的浅层学习是知识性学习的结束阶段,却是学生科学思维发展的开始阶段,模型建构从浅层学习走向深度学习应该体现知识育人的价值.对科学思维能力进行综合性和针对性培养.以模型建构过程为例,模型建立并经过验证,是传统课堂教学目标达成的标志,传统课堂对于学生能力的发展却并不重视,这与国家提倡的立德树人根本任务相违背.因此,进行深度学习也是模型建构从浅层学习走向深度学习的必然趋势.模型应用对学生抽象和概括能力有着很好的促进作用,对于学生应用知识解决生活实际问题起到促进作用,真正意义上做到以知识育人.

物理模型的应用作为深度学习的开端(模型应用不是简单地习题训练),模型应用是将物理模型应用于解决生活实际问题,对相对应的生活情境进行解释和预测,物理模型向生活和其他学科进行迁移,最后应用知识进行评价,培养学生的科学思维和创新精神.最后达到学以致用作用,课堂教学在这里应该说是结束了,但是学生的思维发展却依旧没有停止,教师应该积极鼓励学生在安全前提下进行生活中物理的探索.科学探究不应该只是课堂中的一个环节,应该从学校走入社会,在整个模型建构教学中鼓励学生自主科学地进行探究,这是为了培养学生实事求是,热爱科学的科学态度与责任.

## 4 结论

深度学习能力的培养可以渗透到教学的每一个

环节,教学过程中积极引导主动参与模型构建,不仅可以深化学生对知识的掌握,还可以锻炼学生的科学思维能力,提高学生分析问题和解决问题的能力,促进学科核心素养的发展.模型是物理学习的有力工具,也是物理课堂教学中帮助学生理解复杂物理知识的有效手段,针对模型建构的深度学习策略,不仅可以促进课堂教学目标的达成,完成基础教育阶段学生知识的传授.更应该实现新课程观下以知识育人的深层次目标,通过模型建构促进学生由浅层学习迈向深度学习,培养具有科学思维能力的创新型人才.

### 参考文献

- 1 郭元祥.深度学习:本质与理念[J].新教师,2017(7):11~14
- 2 郭华.深度学习及其意义[J].课程·教材·教法,2016,36(11):25~32
- 3 彩丽,冯晓晓,张宝辉.深度学习的概念、策略、效果及其启示——美国深度学习项目(SDL)的解读与分析[J].远程教育杂志,2016,34(5):75~82
- 4 吴秀娟,张浩,倪厂清.基于反思的深度学习:内涵与过程[J].电化教育研究,2014,35(12):23~28,33
- 5 郭元祥.论深度教学:源起、基础与理念[J].教育研究与实验,2017(3):1~11
- 6 何玲,黎加厚.促进学生深度学习[J].现代教学,2005(5):29~30
- 7 田慧生.我国基础教育课程改革:回顾与前瞻[J].中国教育科学,2015(2):83~103,82,258~259
- 8 Kieran Egan. Learning in Depth: A Simple Innovation That Can Transform Schooling[M]. London: The Althouse Press, 2010
- 9 Ieran Egan. "Learning in Depth" in Teaching Education [J]. Teaching Education, 2015, 26(3): 23~32
- 10 廖伯琴.基于《普通高中物理课程标准(2017年版)》的修订版高中物理教材解读[J].福建教育,2020(19):28~33
- 11 K·邓巴尔,于祺明.科学家怎样建构模型[J].哲学译丛,2001(4):46~53
- 12 David Hestenes. Modeling Games in The Newtonian World[J]. American Journal of Physics, 1992, 60(8): 51~58
- 13 俞国富.高中物理教学中科学建模的策略[J].物理教学探讨,2019,37(9):12~18

(下转第73页)

革探索与研究[J]. 物理通报, 2021(6):10 ~ 13

6(57):109 ~ 111

26 陈恒雷, 张伶, 崔秀花, 等. 以“问题解决”为导向的物理类通识教育教学方法实践探索[J]. 教育现代化, 2019,

27 郑志远, 董爱国, 黄昊翀, 等. 实验室环境思政的思考与构建[J]. 物理实验, 2021, 41(3):26 ~ 31

## Practice and Exploration on Ideological and Political Education of Curriculum Teaching in University Physics Experiment

Luo Yanwei Wang Juntao

(College of Science, Henan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450001)

**Abstract:** General Secretary Xi Jinping delivered an important speech at the National Conference on ideological and Political Work in Colleges and Universities, and proposed that "We must adhere to the central link of morality and cultivating people, and implement ideological and political work throughout the whole process of education and teaching, so as to realize the whole process of educating people and all-round education. Various courses and ideological and political theory courses go in the same direction, forming a synergistic effect." As a public basic course that benefits more students, college physics experiments have unique advantages in integrating ideological and political education into research and practice. This article starts from the ideological and political teaching of college physics experiment courses, analyzes the feasibility design of carrying out the ideological and political education in the same direction, and explores the organic integration path and method of ideological and political elements with specific teaching practice.

**Key words:** college physics experiment course; the ideological and political education; teaching practice

(上接第 67 页)

## High School Physics Deep Learning Based on Circular Motion Model Construction

Mao Ning Wu Feng Hui Zhixin Feng Guolin

(School of Physics and Electronic Information Engineering, Ningxia Teachers University, Guyuan, Ningxia 756000)

**Abstract:** The traditional learning links are divided into levels according to Bloom's educational goal taxonomy, and the "circular motion" model is used as the carrier to study how to transition from the traditional curriculum that mainly imparts knowledge to the curriculum reform of educating people with knowledge, and cultivate students' modeling ability. Taking model construction teaching as an example to carry out deep learning teaching design, to realize the leap from shallow learning to deep learning.

**Key words:** circular motion; model building; high school physics; deep learning