

SOLO 分类理论在机械能守恒定律教学中的应用研究

隋德文, 裴魏魏*

佳木斯大学 理学院, 黑龙江 佳木斯 154007

DOI:10.61369/ETI.2026050044

摘 要 : 本研究聚焦于 SOLO 分类理论在机械能守恒定律教学中的应用。通过阐述 SOLO 分类理论的层次结构, 分析其如何精准评估学生对机械能守恒定律的理解程度, 探讨基于该理论设计教学策略的可行性与优势, 旨在为提升机械能守恒定律教学质量提供新视角与方法, 助力学生深入理解物理概念及规律。

关 键 词 : SOLO 分类理论; 机械能守恒定律; 教学应用

Research on the Application of SOLO Taxonomy Theory in the Teaching of the Law of Conservation of Mechanical Energy

Sui Dewen, Pei Weiwei*

College of Science, Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154007

Abstract : This research focuses on the application of the SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome) taxonomy theory in the teaching of the law of conservation of mechanical energy. By expounding the hierarchical structure of the SOLO taxonomy theory, this paper analyzes how it can accurately evaluate students' understanding of the law of conservation of mechanical energy, and explores the feasibility and advantages of designing teaching strategies based on this theory. The aim is to provide a new perspective and method for improving the teaching quality of the law of conservation of mechanical energy, helping students to deeply understand physical concepts and laws.

Keywords : SOLO Taxonomy; law of conservation of mechanical energy; teaching application

引言

机械能守恒定律是物理学中的关键规律, 在经典力学体系里占据核心位置, 它揭示了在特定条件下, 物体系统内动能与势能相互转化时机械能总量保持恒定的本质。对于学生而言, 深刻理解并熟练运用机械能守恒定律, 不仅有助于掌握力学知识体系, 更是后续深入学习电磁学、热学等领域的重要基础。

然而在教学实践中, 教师常常面临学生对机械能守恒定律理解浮于表面、应用时错误频出的困境。传统教学评价方式难以精确衡量学生对该定理的理解深度与思维结构, 导致教学缺乏精准的靶向性。而 SOLO 分类理论以其独特的视角, 为解决这一问题提供了可能。它能够细致剖析学生在学习过程中展现出的思维结构层次, 助力教师清晰洞察学生的学习进程与障碍, 从而有的放矢地调整教学策略, 提升教学成效^[1]。

一、SOLO 分类理论概述

(一) SOLO 分类理论的基本层次

SOLO 分类理论(可观察的学习成果结构) 全称: Structure of the Observed Learning Outcome, 中文译作可观察的学习成果结构, 由澳大利亚教育心理学家比格斯(Biggs) 和科利斯(Collis) 提出^[2], 核心观点:

学生的认知水平不能只靠分数简单划分, 从学生回答问题、完成任务的外在表现, 能判断其内在思维结构层次; 学习不是简单“懂/不懂”二元划分, 而是循序渐进、分层递进的思维发展过程。理论底层逻辑: 学生面对同一学习任务时, 调用的信息数量、信息关联方式、抽象概括能力存在明显层级差异, 一共划分5个递进思维层次: 前结构→单点→多点→关联→抽象扩展低层是高层的基础, 层次越高代表思维的整合性、抽象性、迁移性越强^[3]。

基金项目:

黑龙江省教改课题《专业认证背景下培养学生创新能力和实践能力的基础力学课程教学改革研究》(SJGY20200692);

佳木斯大学校级教改课题《专业认证背景下物理师范生实践能力培养的教学改革研究》(2021JY-40);

2025年黑龙江省佳木斯市社科联项目《教育强国建设中物理师范生教学资源均衡配置策略与实践研究》(20250036)。

佳木斯市教育科学“十五五”规划2026年度课题《数智组态视域背景下的微项目驱动学生自主探究能力培养研究》(JJGBGH1526C062)。

通讯作者: 裴魏魏, 物理教育教研室主任, 研究方向: 中学物理教学。

SOLO五大层次（由低到高）：

（1）前结构层次（Pre-structural）

最低水平，完全没掌握核心知识。特征：无法识别问题关键，回答逻辑混乱、答非所问；只会零散、无关的碎片信息，没有有效推理。举例：问“为什么冬天冷”，回答“我不喜欢冬天”。

（2）单点结构层次（Uni-structural）

只抓住单一一条线索，仅用到一个知识点。特征：能找到一个相关条件就下结论，忽略其他信息，结论片面、以偏概全。举例：计算三角形面积，只记住底，忘记乘高 $\div 2$ ，直接用底得出答案。

（3）多点结构层次（Multi-structural）

能掌握多个独立知识点，但知识点之间互相孤立，不会建立联系特征：可以罗列多条相关信息，但不会整合、对比，看不出要素间逻辑关系。举例：分析作文，能分别找出修辞、人物、环境，但不会说明三者如何共同塑造主题。

（4）关联结构层次（Relational）

能整合全部相关信息，建立要素间完整逻辑关联，形成完整闭环。特征：把多个知识点串联，统一解释整个问题；能在给定情境内完整、自洽地分析，解决常规综合题。举例：结合气温、日照、洋流三者综合分析某地气候成因，各要素互相印证。

（5）抽象扩展结构层次（Extended Abstract）

最高层次，超越现有材料，抽象概括并迁移拓展特征：不仅整合现有信息，还能提炼通用原理、提出假设，将规律迁移到全新陌生情境，做出推论、批判、创新。举例：从本地气候规律总结大气环流通用模型，并用来预判陌生大陆区域气候特征。

（二）SOLO分类理论在物理教学中的优势

教师依据 SOLO 分类理论对学生的评估结果，可以有针对性地调整教学策略。对于处于前结构和单点结构层次的学生，教学重点应放在基础知识的强化与概念的清晰阐释上，通过简单直观的实例帮助学生建立起对机械能守恒定律的初步认知。对于多点结构层次的学生，教师可以引导他们进行知识的整合与梳理，设计一些综合性的问题，促使学生发现不同知识要素之间的内在联系。而对于关联结构和拓展抽象结构层次的学生，则可以提供更具挑战性的问题，鼓励他们进行知识的拓展与创新应用，培养学生的高阶思维能力，促进学生自我认知与反思^[4]。

二、SOLO 分类理论在机械能守恒定律教学中的应用

（一）前结构层次的教学引导

针对处于前结构层次的学生，教学应从最基础的概念引入。首先，通过生动形象的实例，如抛出的篮球、下落的苹果等，直观地展示动能与势能的概念，让学生初步感知物体由于运动而具有动能，由于位置或形变而具有势能。然后，借助简单的动画演示，展示在只有重力作用下物体动能与势能的相互转化过程，如自由落体运动。在讲解过程中，教师要注重与学生的互动，通过提问引导学生思考，例如：“篮球在上升过程中速度怎么变化，动能怎么变化？”、“苹果下落过程中高度降低，势能如何改变？”

通过这些简单的问题，帮助学生建立起对机械能及其转化的初步感性认识。

（二）单点结构层次的知识深化

对于单点结构层次的学生，教学应进一步深化对机械能守恒定律某一关键要素的理解。以自由落体运动为例，教师可以引导学生详细分析自由落体过程中物体只受重力作用这一条件，从力的分析入手，结合牛顿第二定律得出物体的加速度，进而分析速度变化与动能变化的关系。同时，强调重力做功与重力势能变化的关系，通过推导得出在自由落体过程中机械能守恒的结论。在教学过程中，鼓励学生自己动手推导，加深对这一特定情景下机械能守恒的理解。此外，还可以引入一些类似的简单情景，如光滑斜面上物体的下滑，让学生进行自主分析，强化对单一关键要素的掌握。

（三）多点结构层次的知识整合

进入多点结构层次教学重点在于引导学生整合多个与机械能守恒相关的知识要素。教师可以设计一些综合性的物理情景，如一个物体在弹簧和重力共同作用下的运动。首先，让学生分别分析物体的动能、重力势能和弹性势能的变化情况，然后引导学生思考这些能量变化之间的联系。通过小组讨论的方式，让学生共同探讨在整个运动过程中机械能是如何保持守恒的。教师在旁适时引导，帮助学生梳理能量转化的路径，如物体下落压缩弹簧过程中，重力势能如何转化为动能和弹性势能，弹簧反弹时弹性势能又如何转化为动能和重力势能。通过这样的教学活动，培养学生全面分析问题、整合知识的能力。

（四）关联结构层次的综合应用

在关联结构层次教学应注重培养学生对机械能守恒定律的综合应用能力。教师可以选取一些复杂的物理问题，如在竖直平面内的圆周运动与弹簧系统相结合的情景。要求学生对整个系统进行全面的受力和能量分析，确定机械能守恒的适用条件是否满足。然后，引导学生运用机械能守恒定律以及之前所学的圆周运动知识，求解物体在不同位置的速度、向心力等物理量。在解题过程中，强调知识之间的关联性，如通过机械能守恒求出速度，再利用速度求解向心力。同时，鼓励学生一题多解，从不同角度分析问题，进一步强化知识之间的联系，提升学生综合运用知识解决问题的能力。

（五）拓展抽象结构层次的创新培养

对于处于拓展抽象结构层次的学生，教学应侧重于培养他们的创新思维、多公式联立推导与综合知识迁移能力。教师可设置水平平面内弹簧与圆周运动复合模型这类综合性开放情景，引导学生完成受力分析、守恒条件判定、多公式联立推导、模型拓展改良全套流程，实现从理论推导到创新方案设计的全方位高阶思维训练^[5]。

例：光滑水平平面内，轻质弹簧一端固定于圆心 O ，另一端连接质量为 m 的小球，小球绕 O 点做变半径圆周运动。初始时刻弹簧原长 l_0 ，小球距离圆心 r_1 ，初速度 v_1 垂直于弹簧；小球运动至另一位置时弹簧伸长量改变，轨道半径变为 r_2 ，速度为 v_2 。全程水平面无摩擦，只有弹簧弹力做功，系统机械能守恒。

(1) “系统机械能守恒(动能+弹簧弹性势能)”

弹性势能表达式: $E_p = \frac{1}{2}k\Delta x^2$, $\Delta x = r - l_0$ 为弹簧形变量

初态总机械能: $E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}k(r_1 - l_0)^2$

末态总机械能: $E_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}k(r_2 - l_0)^2$

由机械能守恒 $E_1 = E_2$ 得: $\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}k(r_1 - l_0)^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}k(r_2 - l_0)^2$

(2) 圆周运动向心力公式

小球做圆周运动的向心力完全由弹簧弹力提供: $k(r - l_0) = m\frac{v^2}{r}$

(3) 两式联立求解

将式(2)变形 $mv^2 = kr(r - l_0)$ 代入机械能守恒式, 消去速度 v , 仅保留半径、劲度系数、弹簧原长参数, 推导半径变化与弹性势能的定量关系。

三、结论

本研究深入探讨了 SOLO 分类理论在机械能守恒定律教学中的应用, 详细阐述了 SOLO 分类理论的五个层次及其在评估学生对机械能守恒定律理解程度方面的独特作用。通过基于 SOLO 分类理论的教学设计与实践, 发现该理论能够显著提升教学效果, 帮助学生从混沌的前结构层次逐步发展到具有创新思维的拓展抽象结构层次。同时, 基于 SOLO 分类理论的教学在精准评估学生学习水平、为教学策略调整提供依据以及促进学生自我认知与反思等方面展现出诸多优势。

参考文献

- [1] 许健. 基于 SOLO 分类理论的实验探究活动设计的思考——以“测量电源的电动势和内阻”实验教学为例 [J]. 物理教学, 2023, 45 (5): 24-28.
- [2] 汪明. 基于 SOLO 分类理论的物理课堂教学设计——以“多用电表的原理”教学为例 [J]. 物理教学, 2023, 45 (3): 34-36.
- [3] 吴春晓, 黄致新. 基于 SOLO 分类理论的科学推理能力层次框架的构建 [J]. 物理教学, 2023, 45 (2): 2-7.
- [4] 王贤勇, 喻斌. 基于布鲁姆学习目标和 SOLO 分类理论的试题对比评析 [J]. 物理教师, 2023, 44 (1): 84-88+92.
- [5] 徐将二. 基于 SOLO 分类理论的模型建构的认知层次及案例 [J]. 物理教师, 2021, 42 (7): 32-36.