

基于SOLO分类理论的物理概念教学

——以人教版第十章“浮力”为例

石小凡, 董鸿飞*, 梁官正, 张凯鹏

赤峰学院物理与智能制造工程学院, 内蒙古 赤峰

收稿日期: 2023年6月10日; 录用日期: 2023年7月6日; 发布日期: 2023年7月17日

摘 要

物理作为一门拥有抽象概念的课程, 学生理解起来相对困难。学生依据学生特点其学习水平是不同的, 怎么对学生知识的评价更精准, 学生怎样可以对概念的学习更加明确, 这就要求学生对概念的理解和掌握要更加深刻, 实现物理学科的可持续发展, 本文以SOLO分类理论为依据, 依照对概念的剖析, 将物理概念学习分为五会: 会表述、会表达、会理解、会变形、会应用。将SOLO理论应用于物理概念学习, 运用文献分析法、观察法等方法对其教学进行分析评价。SOLO分类理论应根据学情与教材, 合理运用, 促进物理概念教学中学生能力的提高。

关键词

SOLO分类理论, 物理概念教学, 五会, 浮力

Physics Concept Teaching Based on SOLO Classification Theory

—Taking Chapter 10 “Buoyancy” of the People’s Education Press as an Example

Xiaofan Shi, Hongfei Dong*, Guanzheng Liang, Kaipeng Zhang

School of Physics and Intelligent Manufacturing Engineering, Chifeng University, Chifeng Inner Mongolia

Received: Jun. 10th, 2023; accepted: Jul. 6th, 2023; published: Jul. 17th, 2023

Abstract

As a course with abstract concepts, physics is relatively difficult for students to understand. Stu-

*通讯作者。

dents have different levels of learning based on their characteristics. How to evaluate their knowledge more accurately and how to learn concepts more clearly requires students to have a deeper understanding and mastery of concepts, in order to achieve sustainable development of the physics discipline. Based on the SOLO classification theory and the analysis of concepts, this article divides physics concept learning into five categories: being able to express, express, understand, and transform can be applied. Apply SOLO theory to physics concept learning, and use methods such as literature analysis and observation to analyze and evaluate its teaching. The SOLO classification theory should be applied reasonably based on the learning situation and textbooks to promote the improvement of students' abilities in physics concept teaching.

Keywords

SOLO Classification Theory, Physics Concept Teaching, Five Skills, Buoyancy

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

长期以来, 学生学习多数呈现机械化记忆, 迫于成绩、升学的压力, 许多学校、家长、老师不得不关注眼前的目的, 而忽视了学生长期的发展。尽管教育部提出“双减政策”, 减少学生学业压力, 有望促进学生全面发展, 实则面对升学压力时, 教育者们偶尔也会手忙脚乱, 这就要求学生掌握学习方法, 提高学习效率, 促进可持续发展, 是我们研究的重要部分。对于物理的学习, 学生面对抽象概念和公式的理解是否深入, 决定着后面课程的进展以及习题的质量、学业成绩的评价等。对于学生对概念的情况进行评价分析分成会表述、会表达、会理解、会变形、会应用五个阶段, 结合学生思维结构和特点, 将 SOLO 分类理论运用其中, 更好的促进教育教学。

2. SOLO 分类理论简介

“SOLO”, 英文是“Structure of Observed Learning Outcome”, 它是由著名的香港教育心理学家比格斯及其同事科利斯最先提出的, 以皮亚杰发展阶段学说为理论基础的一种课程评价理论。该评价方法与数学、历史、地理等学科相结合, 取得了不错的效果, 比格斯认为一个人的思维结构是可观察的, 并且这种思维结构表现出一定的层次性。依据这种层次性, 比格斯将其分为: 1) 前结构层次; 2) 单点结构层次; 3) 多点结构层次; 4) 关联结构层次; 5) 抽象拓展层次。层次之间呈现递进关系, 由此学生在回答一个问题时就可以对其进行思维结构的判断, 并展开思维的拓展和练习以及设计优化教学, 提高学生学习质量和教师教学质量[1]。后来, 该理论越来越受欢迎, 并广泛用于教学实践。例如, John Guth 采用案例研究方法, 通过论文引用了 SOLO 分类理论的框架结构, 利用写作测试和访谈对学生的学习情况进行诊断, 并根据学生对知识的理解和自身的想法及时调整选择适当的教学策略。我国对 SOLO 分类理论研究较为突出的是华南师范大学的高凌飏教授, 他和吴有昌教授对该理论在教学评价中的应用发表了意见。随着该理论不断深入, 它在我国的发展叶吸引到了众多的教育学者, 研究者不仅关注于该理论如何融入试题的编制, 并进一步的挖掘 SOLO 理论在各个教学实践中的应用。黄爱民教授就该理论进行评价, 他认为 SOLO 理论只是对学习成果的复杂性作出分层, 并未着眼于各个学科的内容评价。陈建文结合实例指出该理论的教学可行性。在物理学科当中, 程丽冰等人根据该理论的层级特点提出将该理论应用于

物理就规律教学[2]。通过基于 SOLO 分类理论在学生回答问题时对思维结构的判断, 研究物理概念教学的特点以及成效进行分析, 促进学生的学习。

3. SOLO 分类理论与初中物理教学的统一

3.1. SOLO 分类理论符合课程标准的要求

《初中物理课程标准》(2022 年版)要求发挥评价的育人功能, 促进学生核心素养的发展。在物理教学与评价的过程中, 根据 SOLO 分类理论, 教师能够从实际出发, 对学生头脑中的物理观念进行评价, 预测学生将要达到的学习水平, 方便接下来学生通过推理, 对复杂抽象的物理模型及概念进行概括与总结, 形成良好的科学思维和科学探究能力, 并结合生活实际解决问题, 在解决问题的过程中, 学生掌握科学方法, 形成良好的科学态度与责任。在该过程中, 教师根据学情及时评价与指导, 把握教学进度与策略。

3.2. SOLO 分类理论能够检验学生的学习水平

学生是复杂的人, 头脑中原有的认知结构的不同以及对知识建构能力的不同等因素造成了学生学习水平的高低。为了方便检验学生学习的水平, 引入 SOLO 分类理论, 并将其和概念学习中的“五会”结合, 实时对学生学习过程进行评价, 有利于学生更好的掌握知识, 方便教师进一步教学。

4. SOLO 分类理论与浮力概念教学的融合

基于对物理教学概念分为五会, 并以浮力为例进行分析。

4.1. 会表述

学生可根据日常生活经验以及结合书本、教师的讲述, 能流畅叙述出浮力这一知识点的概念, 但对于浮力的具体含义并没有确切的理解。例如: 学生可能只知道浮力是浮在水中的物体有一个向上托起的力, 但并不知道浮力大小是物体上下表面受到的压力差形成的, 有的同学也只是关注到液体中的浮力, 对于气体中的浮力也不清楚。这和 SOLO 分类理论中前层次结构对应。SOLO 分类中的前层次结构表示为学生对于问题表述相对模糊, 考虑问题不全面, 只能考虑到单个问题或只凭感觉考虑问题, 思维相对比较混乱[3]。这一阶段属于学生思维的低阶阶段。

4.2. 会表达

学生能够正确掌握浮力的概念, 并经过头脑加工运用自己的语言陈述出来, 能够形象的描述液体以及气体中浮力产生的原因, 能够掌握浮力和物体排开液体的体积、液体的密度有关系, 运用 $F_{浮} = \rho_{液} g V_{排}$ 解决简单问题, 但思维限制在给出单一物理量得出答案。这和 SOLO 分类理论中的单点结构层次对应, 考虑浮力问题不够全面, 给出某一点就径直跳到问题答案上去, 解题没有一致性。这里的学生往往分不清物体本身的体积是不是就是排开水的体积。此时的思维水平停留在低阶阶段。

4.3. 会理解

学生能够掌握浮力公式的含义及其适用范围, 根据题目当中已知条件进行转化, 能够进行简单公式变形, 求解。能够明确区分浮力大小与排开液体体积以及液体密度之间的关系, 明确物体体积不一定等于排开水的体积, 阿基米德原理不仅适用于液体, 也适用于气体, 对浮力的求解方法不仅仅限制于一种方式, 可以利用阿基米德原理, 同时也可以运用浮力产生的原因求解等, 能够学会转换。但不能将这些知识点有机结合起来, 例如将三个不同的物体都放在水中, 一个沉底、一个悬浮、一个漂浮, 比较不同

物体在同一液体中的浮力大小以及液体密度和物体密度之间的关系等。处于这个水平的学生会感到迷茫，不知从何下手。这和 SOLO 分类理论中的多点结构层次相对应，学生可以进行多个问题的解答，但放在一起就形成思维障碍，只注重孤立的素材就会形象整体的判断和连结。这属于思维水平的中阶阶段。

4.4. 会变形

学生可以将多个知识点进行串联，放置在同一题目中进行解答，例如学生可以进行同一液体不同物体的浮力求解，不同液体同一物体的浮力求解，不同液体不同物体的浮力求解。此外，同学还可以将浮力与压强、滑轮、杠杆等知识点相结合，进行多知识的连结。





该阶段对应的是 SOLO 分类理论中的关联结构层次，能够将问题进行整合，在头脑中将知识点串联整合在一起，并形成一套解题方案，能够在相关情景中进行解答。这一阶段属于思维水平的高阶阶段。

4.5. 会应用

这一阶段的学生能够在将知识点联系在一起解决问题的基础上进行拓展。将浮力能够与生活实际紧密联系在一起，能够探究生活中浮力的应用及其原理。例如：能够探究伽利略温度计的原理并举例相似现象、热气球升空的原理、农民利用盐水选种子、用浮筒打捞沉船等。它属于 SOLO 分类原理中的抽象拓展结构层次，学生根据生活中的应用利用知识点进行解决，思维具有一致性、开放性。这一阶段属于学生思维水平的高阶阶段。对应层级如下(见表 1)。

Table 1. Hierarchy of concept learning and SOLO classification

表 1. 概念学习与 SOLO 分类对应层级表

物理概念学习“五会”	SOLO 层次水平	含义	结构图	思维阶段
会表述	前结构	能够叙述概念		低阶
会表达	单点结构	经过思维加工，能够用自己的话陈述		低阶
会理解	多点结构	对知识点的理解比较全面，但不能串联在一起。		中阶
会变形	关联结构	能够进行知识间的串联，但对于抽象问题不能解释。		高阶
会应用	抽象拓展结构	能够对现实抽象问题进行解读。		高阶

5. 基于 SOLO 理论的物理概念教学

根据 SOLO 分类理论划分学生思维层级，对于第一第二阶段，处于学生掌握低阶阶段，老师可以通过课堂上对浮力的概念进行简单提问，通过让学生列举浮力现象及存在浮力的原因判断学生对浮力概念的掌握情况，也可通过简单题目测试学生对于知识点是否能够达到会表述，会表达的阶段。例如：如图 1 观察以下物体，容器装满水，物体与容器壁紧密接触，判断物体是否受到浮力？学生根据浮力产生的原因来判断物理是否受到浮力。

相对于低阶思维，中阶和高阶思维对学生的要求更高。学生对于浮力的概念学习，不再停留在低阶水平，教师对于学生掌握知识情况的考察也不再简单的从浮力概念着手，题目的选择具有多层次，例如：如图 2 所示：重为 1200 N 的物块浸没在水中，人在岸上以某一速度拉绳子，直到浮出水面，功率始终为

1500 W, 不计绳重, 绳子与滑轮之间的摩擦以及水对金属块的阻力, 已知金属块浸没在水中以 1 m/s 的速度匀速向上运动, 金属块密度 $\rho = 6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, g 取 10 N/kg。求在此过程中:

- 1) 金属块所受浮力的大小, 物体上方绳子拉力是多少? (会理解)
- 2) 金属块在密度为 $\rho = 4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的液体中, 浮力如何变化? 还用之前的力来拉物体是否可行? (会变形)
- 3) 求动滑轮的重量, 机械效率(会变形)
- 4) 利用你所学的知识解释伽利略温度计, 并列举类似生活中的应用。(会应用)

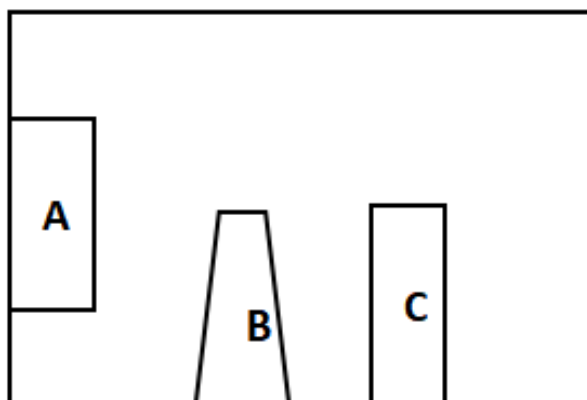


Figure 1. Explore whether the object is subject to buoyancy
图 1. 探究物体是否受浮力

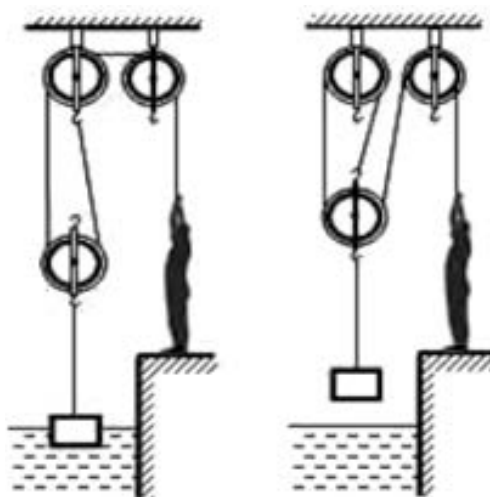


Figure 2. Schematic diagram of buoyancy solving problem
图 2. 关于浮力求解问题示意图

根据第一问, 判断学生是否能够掌握浮力公式, 是否能够完全理解浮力的公式所表达的具体物理量以及其内在联系, 体会物理观念。根据第二问:

$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} g v_{\text{排}} = 4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \times 2 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 8 \times 10^2 \text{ N}$ 判断学生是否能够根据物理量进行分析、变形使用, 体会浮力知识的串联与运用。根据第三问判断学生是否能够将浮力知识点与其他知识点联系在一起求解问题, 是否能够实现知识的迁移、整合与运用。根据第四问判断学生能否将学过的知识用来解释生产生活中的应用, 并由其可以联想到浮力的其他有关应用, 进行抽象概括。

6. 教学启示

6.1. 创设物理情境提高教学质量

前结构和单点结构都属于低阶思维阶段，往往是学生对概念不感冒，忽略对重要知识点的理解，只能单纯地叙述公式，而对于公式中的物理量缺乏质的理解，与题目中问题的解答对应不起来。教师在讲解概念时尽可能利用情景导入，结合生活中的小游戏等进行趣味教学，激发学生对于知识学习的兴趣，增强对概念的理解。

6.2. 注重知识链接促进学生学习迁移

多结构属于思维的中阶水平，对于知识点之间的串联不敏感，可能是由于学生前知识迁移不到位，也可能是知识的负向迁移引发的思维障碍，知识概念的整合思想不强，只关注到了某几点，而忽略了整体[4]。教师在课堂教授新课时要关注学生知识的掌握，不仅关注整体，还要关注个人，每个人思维方式的不同，对知识的掌握是不同的，课堂中注重联系前面已学知识与当前知识进行结合，注重知识的迁移，课堂评价测试、提问环节要多次提问，强调知识间相互联系的解题思路，刺激学生形成解题意识，掌握解题方法，思维方面有一个质的突破，呈现知识点的可持续发展。

6.3. 渗透物理学史培养创新型人才

关联结构与抽象拓展结构属于思维的高阶阶段，这一阶段的学生对于知识的整体掌握已经很不错了，在此阶段，教师要多多渗透物理学史，提高科学思维能力，培养科学态度与社会责任[5]，让学生可以感受到从生活走向物理，从物理走向社会，使其拥有强烈的爱国情感，激发其创新意识，成为社会创新型人才。

6.4. 关注学生个性特点发挥学生特长

教师要关注各个阶段的学生，由于学生的学习能力与理解能力的不同，造成学习程度的不同，对此，教师可以进行分层教学，关注每个学生的发展，促进教学效果的提高。

7. 总结

基于 SOLO 分类理论的物理概念学习是分阶段进行的，根据学生思维能力分为低阶、中阶、高阶水平，并依据物理概念教学中的会表述、会表达、会理解、会变形、会应用，在教学中关注学生全面发展，以核心素养为指导，以课程标准为方针，促进学生思维能力与学习能力的提高。

参考文献

- [1] 陈明选, 邓喆. 围绕理解的学习评价——基于 SOLO 分类理论的视角[J]. 中国电化教育, 2016(1): 71-78.
- [2] 赵芳. SOLO 理论视域下学生英语学科关键能力的测评与提升[J]. 江苏教育, 2018(7): 19-23.
- [3] 黄爱民. 用 SOLO 分类理论进行必修化学教学设计的一些思考——以苏教版《化学 2》“化学反应速率”为例[J]. 化学教育, 2015, 36(23): 18-22.
- [4] 鲁静, 李慧敏, 周璇娜. 基于 SOLO 分类理论的单元教、学、评一体化学习进阶设计——以“金属及其化合物”为例[J]. 化学教育, 2020, 41(13): 42-47.
- [5] 武艳玲. 浅析 SOLO 分类理论在物理教学设计中的应用[J]. 黑河学院学报, 2018, 9(4): 106-107.