

Analysis on the Evaluation of Test Questions Based on SOLO Taxonomy

—Take a Physics Question of College Entrance Examination as an Example

Yajie Xiao

College of Physics and Energy, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian
Email: 775397936@qq.com

Received: Jun. 24th, 2020; accepted: Jul. 9th, 2020; published: Jul. 16th, 2020

Abstract

Scientific and reasonable evaluation of the physics questions in the college entrance examination is helpful to improve the teaching practice of physics in senior high school. SOLO classification evaluation method is a qualitative evaluation method based on grade description. In this paper, SOLO classification evaluation method is used to evaluate a physics test in college entrance examination, so as to help improve students' problem-solving thinking ability.

Keywords

SOLO Taxonomy, College Entrance Examination, Physical Problem

基于SOLO分类法的试题评价分析

——以一道高考物理题为例

肖雅洁

福建师范大学物理与能源学院, 福建 福州
Email: 775397936@qq.com

收稿日期: 2020年6月24日; 录用日期: 2020年7月9日; 发布日期: 2020年7月16日

摘要

对高考物理题进行科学合理的评价有利于提高高中物理的教学实践。SOLO分类评价法是一种以等级描述

为基本特征的质性评价方法。本文利用SOLO分类评价法对一道高考物理试题进行评价，以期对学生解题思维能力的提升有所帮助。

关键词

SOLO分类法, 高考, 物理题

Copyright © 2020 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

高考有选拔功能，同时也具有评价功能。对高考物理题进行科学合理的评价有利于提高高中物理的教学实践。通过统计平均分、得分率，难度系数等来评价高考题是人们经常采用的试题评价方法，这种评价方式侧重对试题量的考量。而 SOLO 分类评价法是一种以等级描述为基本特征的质性评价方法[1]，本文利用 SOLO 分类评价法对一道高考物理试题进行评价研究。

2. SOLO 分类理论

2.1. SOLO 分类理论基础

SOLO 分类(SOLO taxonomy)，其中 SOLO (structure of the observed learning outcome)是英文首字母缩写，原意是“观察到的学生学习结果的结构”。是由 Biggs 和 Collis 在 1982 年提出的一种以等级描述为基本特征的质性评价方法[2]。

Biggs 和 Collis 发现，人的认知水平在总体上和具体事件的执行过程中都具有阶段性，而且这些特征可以通过比较、测试等检测手段观察到，并将学生的学习结果按照思维从低到高分五个不同水平，分别为前结构水平、单一结构水平、多元结构水平、关联结构水平以及扩展抽象结构水平[3]。本文参考本山丽娟等人的划分方法，得到非实验题的 SOLO 层次划分标准[4]，如表 1 所示。

Table 1. SOLO Level division criteria for non-experimental questions

表 1. 非实验题的 SOLO 层次划分标准

| 序号 | 结构水平 | 划分标准 |
|----|----------|---|
| 1 | 前结构水平 | 无法处理问题，脑子一片空白 |
| 2 | 单一结构水平 | 学生能够正确回忆再现一个知识点，并利用一个知识点正确解题 |
| 3 | 多元结构水平 | 学生在解决问题的过程中，能正确回忆再现 2 个或者 2 个以上孤立的知识点，但是无法进行综合分析理解。 |
| 4 | 关联结构水平 | 学生能正确回忆再现多个知识点，且能将题目信息点与知识点有机地联系起来，对问题有一个整体的认识和理解。 |
| 5 | 扩展抽象结构水平 | 学生在关联结构水平的基础上，经过抽象思维和扩展思维，把已知的结论、结果推广到更新、更广泛的领域。 |

2.2. SOLO 理论应用于试题评价研究中的优势

通过统计平均分、得分率，难度系数等来评价高考题是人们经常采用的试题评价方法，而这些评价

方式都侧重于对试题量的考量。而 SOLO 分类理论的焦点则是集中在学生回答问题的“质”，而不是回答问题的“量” [5]。

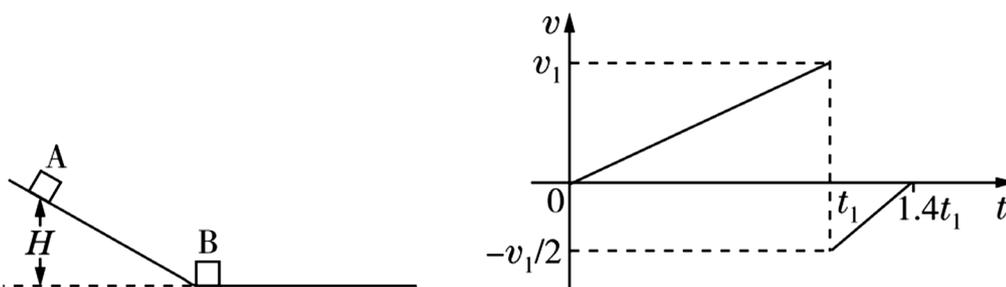
本文从对学生认知水平要求较高的高考题入手，基于 SOLO 分类理论将学生的认知水平划分为五个能力梯度。根据学生答题是否能够正确运用物理定律、题干信息的关联程度以及解题灵活程度等时，进而评价学生思维能力水平的高低。

3. 高考试题范例分析

例题：如图 1 所示(2019 年普通高等学校招生全国统一考试理科综合能力测试 I 卷第 25 题)

竖直面内一倾斜轨道与一足够长的水平轨道通过一小段光滑圆弧平滑连接，小物块 B 静止于水平轨道的最左端，如图 1(a)所示。 $t=0$ 时刻，小物块 A 在倾斜轨道上从静止开始下滑，一段时间后与 B 发生弹性碰撞(碰撞时间极短)；当 A 返回到倾斜轨道上的 P 点(图中未标出)时，速度减为 0，此时对其施加一外力，使其在倾斜轨道上保持静止。物块 A 运动的 $v-t$ 图像如图 1(b)所示，图中的 v_1 和 t_1 均为未知量。已知 A 的质量为 m ，初始时 A 与 B 的高度差为 H ，重力加速度大小为 g ，不计空气阻力。

- 1) 求物块 B 的质量；
- 2) 在图所描述的整个运动过程中，求物块 A 克服摩擦力所做的功；
- 3) 已知两物块与轨道间的动摩擦因数均相等，在物块 B 停止运动后，改变物块与轨道间的动摩擦因数，然后将 A 从 P 点释放，一段时间后 A 刚好能与 B 再次碰上。求改变前面动摩擦因数的比值。



图(a)

图(b)

Figure 1. Title example
图 1. 题目示例

3.1. 选题分析

根据 2019 年最新的考试大纲，高考物理学科考试主要考查学生的理解能力、推理能力、分析综合能力、应用数学处理物理问题的能力以及实验能力。2019 年全国高考理综 I 卷第 25 题是物理试题的压轴题，所占分值较大，该题重点考查了动量守恒、机械能守恒定律、动能定理等物理规律，另外还考查了学生对图象的理解以及受力分析、能量守恒观念等。题目难度较大，需要考生认真理解各个物理过程以及综合运用相关物理规律，具有较大分析意义。

3.2. 评价分析

3.2.1. 前结构水平

学生未作答、张冠李戴或胡乱写出答案，则说明该学生的物理基础几乎为 0，思维混乱。则属于前结构水平。

3.2.2. 单一结构水平

学生能够对物体进行受力分析，也能分析出图像含义，但是学生只能记住一些简单的公式，如动量守恒公式、机械能守恒公式等。但是只懂得生搬硬套，将公式写出之后不能进行有效地运算。比如在求解第一问物块 B 的质量时，由于对动能概念的理解不准确，虽然知道物体动能的公式为 $\frac{1}{2}mv^2$ ，但错在不明白动能是标量没有负值，从而将动能的数学表达式写成 $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}Mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ ，造成解题错误。

3.2.3. 多元结构水平

学生能够正确分析出滑块的运动过程和图像的含义以及知道公式，但是不能将过程与公式结合起来，不能将自己理解的运动过程体现在计算上，只能正确写出基本表达式。不具备从整体分析物理过程意识及能力，因而解答错误。

3.2.4. 关联结构水平

学生能够将滑块木板的运动过程、 $v-t$ 图像以及公式有效地结合起来，可以将题目进行正确解答，且能够将运动过程分别体现在计算过程之中。

3.2.5. 抽象拓展水平

学生在达到关联结构要求的基础上能够通过对题目的分析找到更为简便的方法，解答思路清晰。

3.3. 最高水平解题赏析

1) 设物块 B 的质量为 m_B ，碰撞后物块 A 的速度为 v_A ；物块 B 速度为 v_B 。

由于物块 A 与物块 B 发生弹性碰撞，所以物体在碰撞前后的动量、机械能均守恒。

根据动量守恒定律得：

$$mv_1 = mv_A + m_B v_B \quad (1)$$

根据机械能守恒定律得：

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \quad (2)$$

由图象 b 可知：

$$v_A = -\frac{v_1}{2} \quad (3)$$

联立(1) (2) (3)式得：

$$m_B = 3m \quad (4)$$

设物块 A 与轨道间的滑动摩擦力为 f ，下滑过程的路程为 s_1 ，返回路程为 s_2 ，p 点的高度为 h ，整个过程克服摩擦力做工为 W 。

以物块 A 为研究对象，可以将物块 A 的运动过程分为两个阶段：

当 $0 \sim t_1$ 时，物块 A 由静止运动到斜面底端，此过程重力势能转化为物块 A 的动能以及物块克服摩擦力所做的功。

当 $t_1 \sim 1.4t_1$ 时，物块 A 沿着轨道上滑：此时物块 A 的动能转化为物块 A 的重力势能以及克服摩擦力所做的功。

根据动能定理有：

$$mgH - fs_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 - 0 \quad (5)$$

$$-fs_2 - mgh = 0 - \frac{1}{2}m\left(-\frac{v_1}{2}\right)^2 \quad (6)$$

从图 b 的物理意义可以分别求出物块 A 下滑以及上滑过程滑过距离 s_1 、 s_2

$$s_1 = \frac{1}{2}v_1t_1 \quad (7)$$

$$s_2 = \frac{1}{2} \times \frac{v_1}{2} \times (1.4t_1 - t_1) \quad (8)$$

根据三角形相似的原理可以得出:

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{h}{H} = 5 \quad (9)$$

整个过程物块 A 克服摩擦力做功为:

$$W = fs_1 + fs_2 \quad (10)$$

联立(5) (6) (7) (8) (9) (10)式可得:

$$W = \frac{2}{15}mgH \quad (11)$$

(3)设轨道倾角为 θ ，改变前物块与轨道的动摩擦因素为 μ ，改变后物块与轨道的动摩擦因素为 μ' ，p 点的高度为 h ，物体 B 在水平轨道上滑行距离为 s'

物块 A 在轨道上所受摩擦力为:

$$f = \mu mg \cos \theta \quad (12)$$

联立得:

$$W = \mu mg \cos \theta \cdot \frac{H+h}{\sin \theta} = \frac{2}{15}mgH \quad (13)$$

以物块 B 为研究对象，当物块 B 与物块 A 发生弹性碰撞后在水平面滑动，根据动能定理可知:

$$-\mu m_B g s' = 0 - \frac{1}{2}m_B v_B^2 \quad (14)$$

当动摩擦因素改变后，当物块 A 由 p 点释放与 B 再次碰撞过程中，运用动能定理可知:

$$mgh - \mu' mg \cos \theta \cdot \frac{h}{\sin \theta} - \mu' m g s' = 0 \quad (15)$$

最后联立上式可得:

$$\frac{\mu}{\mu'} = \frac{11}{9} \quad (16)$$

4. 启示与思考

4.1. 依照思维水平，确定教学任务

根据学生不同思维层次，教师要积极引导建立学习目标，制定学习计划，指导学生不断地对自

己学习过程及其结果、学习策略及其效果进行修正与评价，并思考学生出现这些错解的主要原因。比如当考生在分析物块 A 上滑和下滑过程时，由于不清楚能量转化的方向或者不清楚动能和势能的正负导致无法列出正确的能量守恒公式，此时教师就应该明确认识到学生对于物理概念的了解仍然不够透彻，思维水平处于单点或多点结构水平。在分析题型时，教师应引导学生认真分析题干要求，通过循序渐进的方法不断提高学生的思维结构水平：

1) 首先教师要引导学生迅速获取有用的题干信息，从单点到多点对题目中所需要用到物理物理定律进行简要的分析，从而达到 SOLO 结构层次的多点水平。

2) 将题干所呈现的图表信息、物体受力方式、所遵循的物理规律与学生已有的知识结构联系起来，找到各个变量、图表之间的关系，从而达到 SOLO 结构层次的关联水平。

3) 教师在原有解答的基础上要进行适当地拓展，培养学生灵活应对物理试题的能力，达到 SOLO 结构的抽象拓展水平。比如经典力学中的很多问题可以用牛顿运动定律和能量守恒观念来解决，而运用能量守恒观念解题要比运用牛顿定律更加简便。因此教师在教学过程中要积极培养学生运用能量守恒观念来解决物理问题的意识。同时教师要引导学生多角度分析并解决物理问题，学生也能在使用多种解法求解的过程中总结出适合自己的解题思路。

4.2. 遵循认知规律，分层设置考题

从高考试题中可以看出试题所考察的除了学生知识点掌握的多少，更加注重学生知识综合应用的能力。因而教师在平常的习题讲授过程中不能只注重题干表面的含义，更要帮助学生挖掘物理概念本质特征，协助学生总结规律。

在平常的习题训练过程中，教师可以依据学生认知发展水平，循序渐进地设置考题数量、类型、难度。由简到繁的学习过程更符合学生的认知发展顺序，同时也更契合 SOLO 分类理论中所提及的思维层次结构。因此应该按照知识点的难易程度由浅入深地提高学生思维发展水平。

4.3. 分析个性特征，准确因材施教

上文中可知，利用 SOLO 分类理论对试题进行分水平评价相较于以往通过平均分、正确率等评价手段更具有其优势，教师可以针对不同水平不同特点的学生进行因材施教。在高中物理课堂中，教师利用 SOLO 分类评价法开展教学活动，对不同层次的学生进行分层指导，有针对性地帮助他们解决问题，提升物理逻辑思维能力，综合应用能力。

1) 对于处于前结构水平的学生，他们对于物理试题处于茫然且无从下手的状态，这时教师首先应该树立学生学习物理的兴趣与信心。从基础概念开始有耐心地帮助学生们重构物理知识体系，找回学习物理知识的动力与决心。

2) 对于处于单点结构与多点结构水平的学生，他们在对于物理概念的理解仍然处于量的阶段，不懂得将概念与题干信息以及图表信息进行整体的分析。在彼格斯教授所做的研究表明，那些喜欢熟记事实细节并使用机械学习策略的学生在传统的测试中获得了高分，但他们却同时获得了较低的 SOLO 等级[6]。可见靠盲目死记硬背物理公式的学习方式不仅不能提高效率学生的思维水平，而且容易导致学生物理知识点的混淆。这就要求教师在深度理解教学内容的基础上，优化教学梯度设计，引导学生从低阶走向高阶的思维水平，实现质的跃迁。

3) 对于处于关联结构水平的学生，他们缺乏的是多角度分析思考问题的能力，这时教师应该鼓励学生鼓励学生积极进行发散性思考，最大限度地发挥其创造性以及创新性，从而引导学生从关联结构水平提升至扩展抽象结构水平，实现质的飞跃。

4.4. 根据层次标准, 分层评价作业

在高中物理教学的过程中, 由于高中任务繁重时间紧张等种种原因导致教师很少关注学生在作业中呈现的解题思路及其现有的思维层次水平, 对于学生作业的评改只是单一的对错勾叉, 踩点给分等等, 缺乏多元化的质性评价方式。

SOLO 分类评价理论作为一种新型的质性评价方式, 将其应用于课后作业批改, 可以让教师更加清楚地了解班级学生所处的能力结构, 明确评讲作业时的重点以及难点, 以此来提高课堂效率。同时学生根据教师评价更能明确自身能力结构水平, 激励自己提高到更高层次能力水平。所以利用 SOLO 分类评价理论对学生的作业进行分析评定, 诊断学生的学习情况以及所处的思维结构水平, 搭建学生与教师之间反馈的桥梁, 能够有效提高作业的针对性、有效性、合理性。

参考文献

- [1] 赵星宇. 基于 SOLO 分类理论对高中物理作业分析——以牛顿运动定律部分试题为例[J]. 物理通报, 2020(S1): 121-123.
- [2] 王振超, 李建彬, 胡象岭. 基于 SOLO 分类理论的高考物理试题能力层次分析——以 2016 年全国卷 I 为例[J]. 物理教师, 2018, 39(2): 86-91.
- [3] 吴有昌, 高凌飏. SOLO 分类法在教学评价中的应用[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2008(3): 96-97.
- [4] 山丽娟. 高考物理试卷能力结构研究——将 SOLO 理论运用于试题内容分析初探[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2011: 9-10.
- [5] 周甜, 陈建华. 基于 SOLO 分类法的试题评价研究——以一道高考数学题为例[J]. 高中数学教与学, 2019(9): 4-6.
- [6] 彼格斯, 科利斯. 学习质量的评价:SOLO 分类理论[M]. 高凌飏, 张洪岩, 主译. 北京: 人民教育出版社, 2010: 18-35.