

基于SOLO分类理论的高中物理分层作业设计 ——以动力学模型为例

孟洁*, 董鸿飞#, 杨小雅

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8月18日; 录用日期: 2023年9月14日; 发布日期: 2023年9月21日

摘要

本文首先简单论述了SOLO分类理论及高中物理分层作业的概念; 接着提出了以SOLO分类理论为基础的高中物理分层作业划分标准; 最后以“板块”和“传送带”两类动力学模型习题为案例, 结合SOLO分类理论对其进行了分层设计。希望通过设计分层作业, 能更好地契合不同学生的学习需求, 提高学生作业完成的效率。

关键词

SOLO分类理论, 高中物理, 分层作业

Design of High School Physics Graded Homework Based on SOLO Classification Theory—Taking the Dynamic Model as an Example

Jie Meng*, Hongfei Dong#, Xiaoya Yang

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

Received: Aug. 18th, 2023; accepted: Sep. 14th, 2023; published: Sep. 21st, 2023

Abstract

This paper first briefly discusses the SOLO classification theory and the concept of high school

*第一作者。

#通讯作者。

physics graded homework; then, a high school physics graded homework classification standard based on SOLO classification theory was proposed; finally, the two dynamic models exercises of “plate” and “conveyor belt” are used as examples, a physics graded homework is designed combined with SOLO classification theory. It is hoped that by designing graded homework, it can better meet the learning needs of different students and improve the efficiency of students’ homework completion.

Keywords

SOLO Classification Theory, High School Physics, Graded Homework

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

随着“双减”政策的颁布，学生作业的设计引起了教师们的高度关注和重视。“双减”背景下的物理作业设计应以“减负增质”为目的，基于 SOLO 分类理论的物理分层作业，能够满足不同层次学生的学习需求，适当减轻学生的作业负担，增加学业成就感，因此分层作业符合“双减”政策的要求。

2. SOLO 分类理论

SOLO 分类理论是比格斯教授首创的一种评价学生学习结果的方法，意为“可观察的学习结果结构”。该理论认为人的认识在整体上有阶段性的特点，对具体问题的认识也有阶段性的特点，将学生对于某一特定问题的回答结果由低到高依次分为：前结构、单点结构、多点结构、关联结构和抽象拓展结构五个层次[1]。由此说明学生是处于发展变化过程中的人，对于不同的知识有着不同程度地认识和掌握，并且这种认识会随着情境、问题的变化而有所改变。

3. 基于 SOLO 分类理论的高中物理分层作业

3.1. 高中物理分层作业

高中物理分层作业是指教师根据学生的物理基础不同，对同一教学内容布置不同层次的作业，学生可以根据自己的能力选择适合自己的作业内容。这样的物理分层作业可以使每个学生得到不同程度的提高[2]。因此教师需对每一位学生有一个全面而深入地了解 and 认识，引导学生根据自己的作业完成情况、学习态度及学习能力找到适合自己的作业类型。

高中物理知识点繁多，教师应根据知识点的难易程度及班级学生的特点仔细分辨哪些知识点适合进行分层作业设计，哪些知识点不必要进行分层作业设计。对于一些难度较低的知识点，比如人教版必修一第一章“运动的描述”，该章是整个力学体系的基础，且此时学生刚接触高中物理知识，学习能力的差异并不明显，因此应对所有学生统一要求且布置相同的作业，使学生对该部分知识有一个全面正确地掌握，以便打好高中物理学习的基础。而对于一些比较难且综合性较强的知识点，比如动力学中常见的“板块”和“传送带”模型，对学生的思维和逻辑运算能力要求较高，并不是所有学生都能够完整且正确地解题，此时就需要教师基于合理的理论将该类习题进行分层设计，以适应不同学生的学习需要，同时防止部分学生出现抄答案或放弃完成作业的现象。

高考作为全国性的选拔考试，大部分省份的高考都使用全国卷，学生面对的是相同的题目，由此当考虑到高考时，难免会存在对分层作业的质疑。但分层作业仅适合于部分知识点，且分层作业的前提是要保证课标的落实和学习目标的实现，设计分层作业的目的是使学生通过完成适合自己的作业提升物理学习的兴趣，掌握物理学习方法，增加学业成就感，从而突破自己，提高物理学习的能力，最终通过高考的检验。因此分层作业与高考并不相悖，而是通过提升学生自身能力促进高考成绩的提高。

3.2. 高中物理分层作业划分标准

SOLO 分类理论最初作为评价学生学习结果的手段应用于教学中，随后，有学者利用其分析教学内容所对应的难度水平，也有学者结合 SOLO 分类理论分析研究各科中高考试题的考察难度。这说明 SOLO 分类理论不但能用于学生学习评价，也能应用于教学内容研究及试卷习题分析。因此，本文基于 SOLO 分类理论将高中物理动力学模型中的两个习题进行了分层设计，该理论可以为物理作业的分层提供理论指引，适当减少教师布置作业的盲目性，使作业分层更加科学合理。

高中物理分层作业需面对不同层次的学生，设计不同内容及类型的作业，且每一类型的作业都有相对应的 SOLO 分类理论水平。根据各习题所考察的知识点数及其联系程度，学生在解题时所用到的思维方法和逻辑运算能力将物理作业分为基础巩固型、能力提升型和扩展创新型三类，详细的分类标准如下表 1 所示[3]。

Table 1. High school physics graded homework classification standard based on SOLO classification theory

表 1. 结合 SOLO 分类理论的高中物理分层作业划分标准

作业类型	对应 SOLO 分类的水平	知识点数	划分标准	目的
基础巩固型	单点结构、多点结构、低关联结构水平	1~3 个，相互独立或少量关联	涉及的知识点数较少，将知识点独立或简单联系起来，通过简单地分析运算解决问题	会：熟悉、巩固
能力提升型	中关联结构、高关联结构水平	3 个及以上，相互关联	知识点数量有所增加且相互关联，需从整体上分析运算，逻辑推理解决问题	用：迁移、应用
扩展创新型	高关联结构、抽象扩展结构水平	多个知识点，整体联系	知识点较多且可能有所隐藏，题目新颖，需将所有信息结合起来分析推理，多视角、创新性地解决问题	活用：联想、创新

3.3. 教师对学生选择作业类型的指导

不同的作业类型适用于不同的学生，教师需引导学生根据自己的物理作业完成情况、学习态度及表现和物理成绩选择适合的作业类型[4]。比如：作业质量不高，抄袭作业次数较多不能独立、按时完成作业，学习态度一般学习效率低，平均物理成绩在班级人数 80%~100%之间的学生适合基础巩固型作业；作业质量一般，作业基本能完成，学习态度比较认真但学习能力有待提高，平均物理成绩在班级人数 20%~80%之间的学生适合能力提升型作业；作业质量高，作业能按时独立完成，学习态度认真且学习能力强效率高，平均物理成绩在班级人数 20%之内的学生适合扩展创新型作业。在学生选择作业类型的过程中，不仅使学生能正确评价自己，还能保证学生的自主性和选择性。当学生正确且高效完成选定的作业类型后，教师还应鼓励学生挑战更高层次的作业类型，以促进学生对知识的掌握经历“会”到“用”，再到“活用”的变化，从而不断实现自我突破和能力提升。

高中物理分层作业划分标准的确定以及教师引导学生选择作业类型这两个环节，不仅确保了不同的学生找到与自己能力相匹配的作业，进行针对性练习，还可以提高学生完成作业的效率，发挥不同层次作业的功能。

4. 分层作业设计案例——动力学模型

4.1. 选题依据

高中物理所涉及到的动力学模型有两类，即“板块”与“传送带”模型，主要考察学生综合运用牛顿运动定律知识点解题的能力。动力学模型涉及摩擦力分析、相对运动、多次相互作用，属于多物体、多过程问题，知识综合性较强，对能力要求较高，频现于高考试卷中。在面对这类题型时，很多学生容易被题目中的复杂情境迷惑，且一旦涉及题数过多，学生更无从下手，从而产生畏难心理。因此动力学模型在高中物理试题中属于偏难知识点，适合对其进行分层作业设计。下面各选“板块”和“传送带”模型中的一个习题进行分析说明。

4.2. “板块”模型

如下图 1 所示，质量为 2 kg 的木板 B 静止在光滑水平面上，质量为 1 kg 可视为质点的木块 A，以水平初速度 $v_0 = 2 \text{ m/s}$ 从木板的最右端向左滑上木板。此时有一水平向右大小为 10 N 的力 F 作用在长木板上，木板与木块间的动摩擦因数 μ 为 0.5， g 取 10 m/s^2 。

- (1) 求开始时木块 A 与木板 B 加速度的大小；
- (2) 如果木板的长度无限，求木块滑上木板到木块和木板共速时所用的时间；
- (3) 若木块不从长木板上滑落，求木板的最小长度。

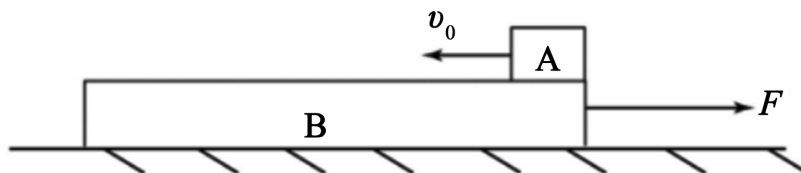


Figure 1. “Plate” model
图 1. “板块”模型

本题需分析木块和木板的运动，属于典型的板块模型习题。该题包含 3 个小问题，每一小问所涉及到的知识点数逐渐增加，难度依次上升，对学生的分析运算和逻辑推理能力要求也在不断增加，因此依次将此分为基础巩固型、能力提升型与扩展创新型三类作业层次，从而适应不同学生的学习需求。

第 1 问中，学生需要对木块 A 和木板 B 进行受力分析，考虑木块和木板间的摩擦力方向，该小问仅涉及受力分析和牛顿第二定律两个知识点，学生只需将其简单结合，通过简单运算就可解答，因此该题属于基础巩固型。通过本题力图复习巩固牛顿第二定律的公式和有关物体受力分析的知识点，从而使得物理学习能力较弱的学生能够上手解题，建立学习信心，达到“会”的目的。第 2 问建立在第 1 问求出木块和木板加速度的基础上，学生需要明确两物体的运动方向，经分析推理得出木块 A 先向左减速为 0 后再向右加速才能与木板 B 共速，从整体上建立两者速度相等的等式，从而求解。该题的知识点不仅包含第 1 问中的两点还涉及运动的方向及匀变速直线运动速度与时间的关系，分析推理较为复杂，且学生需要从整体上把握两者的运动，属于能力提升型。通过解答第 2 问，使大部分学生能够从整体上应用牛顿运动定律及匀变速直线运动的知识，达到“用”的目的。

第 3 问建立在前两问的基础上，第 1 问求出的加速度，及第 2 问分析得出的运动过程，在第 3 问中都会有所涉及。学生需要经过深入分析并推理得出木板的最小长度是木块和木板相向运动时的位移之和与两者同向运动时的位移之差这两者的总和，再结合数学运算求出相应数值。该题的知识点不仅包括前两问的知识点还包含匀变速直线运动位移和时间的关系，难度较大，学生需要灵活运用知识进行分析推

理和逻辑运算，属于扩展创新型。第 3 问主要适用于物理学习能力强的学生，满足这类学生对知识难度的要求，达到“活用”的目的。

4.3. “传送带”模型

如下图 2 所示，水平传送带 AB 和倾斜传送带 BC 由 B 点通过一段短的圆弧相连(图中并未画出圆弧)，其中 AB 段的长为 4 m，BC 段的长为 5 m，倾角 $\theta = 37^\circ$ 。传送带始终以 $v = 4 \text{ m/s}$ 的速率顺时针转动，工件与传送带间的动摩擦因数 μ 为 0.5， g 取 10 m/s^2 ，求：

- (1) 工件第一次达到 B 点所用的时间；
- (2) 工件能够沿传送带 BC 上升的最大高度；
- (3) 工件运动了 23 s 后所在的位置。

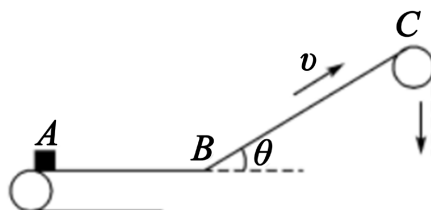


Figure 2. “Conveyor belt” model
图 2. “传送带”模型

传送带模型包括水平传送带和倾斜传送带两种，本题均有所涉及，综合性较强。参考“板块”模型的分类，本题同样依次分为基础巩固型、能力提升型与扩展创新型三类作业层次。

第 1 问中，学生需要对工件进行受力分析，求出工件的加速度，经分析明确工件在 AB 段先加速再与传送带共速，算出两者速度相同前所经历的时间与共速时所经历的时间之和即可解答。该题涉及的知识点有受力分析、牛顿第二定律和匀变速直线运动速度与时间的关系，分析及运算简单，属于基础巩固型。本题是传送带模型中较为基础简单的题目，通过解答本题，使物理学习能力较弱学生对于传动带类题目有一个基本地认识和了解，并为后两问的解答奠定基础，达到“会”的目的。第 2 问主要考察工件在 BC 段的运动，在此之前应明确工件到 B 点的速度，也就涉及到了第 1 问中的分析运算。相比第 1 问，学生要完成更复杂的受力分析，算出工件在 BC 段的加速度后，根据匀变速直线运动速度与位移的关系求出工件在 BC 段上运动的最大距离，最后结合三角函数，算出工件上升的最大高度。该题的知识点不仅包括第 1 问的 3 点还涉及三角函数知识，学生要对工件的运动进行更复杂的分析，还需结合数学运算，属于能力提升型。通过解答本题，使学生从平面和斜面上综合运用牛顿运动定律，有助于提升学生数理结合的能力，达到“用”的目的。

第 3 问以前两问为基础，第 1 问得出的工件在 AB 段运动的加速度和时间，第 2 问分析得出的工件在 BC 段运动的加速度，都是解答第 3 问所必须的条件。对于该题学生需要从整体上分析工件的运动，在前两问的基础上明确工件在传送带 AB 段运动的加速度相同，在 BC 段运动的加速度也相同。解题时首先通过计算得出工件由 AB 段运动到斜面最高点所需的时间，之后工件会由最高点下滑到 B 点继续运动一段距离后它的速度将为 0，根据对称性原理算出这段运动的时间，将这两段过程定义为工件的第一部分运动，通过逻辑运算得出该部分运动所用时间的总和。由于传送带一直在运动，因此工件会由水平速度为 0 处接着向 B 点运动，抵达 B 点时，速度仍为 4 m/s，那么工件仍会向上运动到达最高点，将这段过程定义为工件的第二部分运动，算出第二部分运动所用的时间。根据之前的分析过程可知，到达最高点后工件会从最高点下滑到 B 点接着运动到水平速度为 0 处，将该过程定义为工件的第三部分运动，

由对称性原理可知这段过程所用时间与第二部分运动经历的时间相同。由于传送带在不停地运动所以工件经过第一部分运动后，会一直重复第二部分和第三部分的运动。最终由数学运算确定第 23 s 时，工件正好在水平速度为 0 处，再结合匀变速直线运动位移与速度关系求出此时工件所处位置。该题涉及到的知识点不多，仅是前两问知识点的总和，但涉及情境复杂，需要很强的分析推理及数理结合能力，难度较大，且题目新颖，属于扩展创新型。通过该题，使学生在综合分析的基础上灵活处理工件的往复运动，达到“活用”的目的。

经过上述分析可知，“板块”和“传送带”两习题中各小题复杂程度和对学生的要求依次上升。由于高中阶段学生的物理学习能力存在差异，采用“一刀切”的方式并不能符合所有学生的实际情况，因此根据 SOLO 分类理论进行分层设计是处理该类难度及复杂度较大题型的恰当方式。

5. 结语

在实际设计分层作业的过程中应符合以下流程：首先，教师根据高中物理分层作业划分标准，设计不同层次的物理作业；其次，学生可根据教师对自己的指导和物理作业完成情况、物理成绩等判断自己适合的作业类型；再次，学生完成自己选择的作业类型后，教师进行作业的批改；最后，教师根据学生作业完成情况，及时、适当引导学生调整作业类型，如下图 3 所示。经过分层作业设计、学生选择作业、评价学生作业和调整作业类型四个环节，形成循环式流程，进一步确保学生正确选择作业类型。

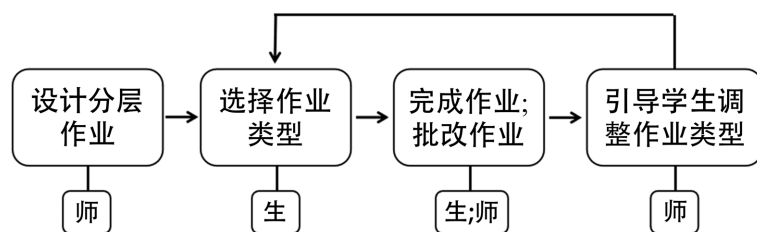


Figure 3. Graded homework implementation process
图 3. 分层作业实施流程

基于 SOLO 分类理论设计高中物理分层作业，不仅使物理作业的分层更加科学合理，而且在充分发挥物理作业原有功能的同时，使学生面对难度较大的知识点时，可以根据自身的情况选择适合自己的作业内容，确保了作业的有效完成，由此能适当消除学生的畏难心理，增加学业成就感。本文中的三类作业层次，难度及复杂度依次增加，对学生的能力要求也依次提升，通过设计阶梯式的作业吸引学生在完成基础巩固型或能力提升型习题的前提下挑战更高层次的题型，使学生能够不断突破自己，提升物理学习的能力。

参考文献

- [1] J. Biggs, K.F. Collis. 学习质量评价 SOLO 分类理论——可观察的学习成果结构[M]. 高凌飏, 等, 译. 北京: 人民教育出版社, 2010: 28-32.
- [2] 南文娜. 高一物理分层作业设计策略研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2017.
- [3] 胡恩惠, 王峰, 王巍. “懂而不会”现象的有效解决策略——以“单摆”课时作业设计为例[J]. 物理教学, 2022, 44(11): 19-23.
- [4] 艾洁尔古丽·凯尤木. 高中物理分层作业设计策略的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2021.