

文章编号:1005-4642(2021)08-0058-06



基于 SOLO 分类理论的试题分析与教学策略

——以“2021 年广东高考物理实验试题”为例

董友军¹, 彭 欢², 皮飞鹏³

(1. 北京师范大学广州实验学校, 广东 广州 510700;

2. 广东番禺中学, 广东 广州 511483;

3. 广州大学 物理与材料科学学院, 广东 广州 510006)

摘 要:以 2021 年广东高考物理实验试题为例,探索了基于 SOLO 分类理论的试题分析与教学策略。发现科学探究水平与 SOLO 层次存在对应关系:水平 1 对应单点结构,水平 2 和水平 3 对应多点结构,水平 4 对应关联结构,水平 5 对应抽象扩展结构。得到了基于 SOLO 分类理论的教学策略:用“器材发散”突破单点结构试题,用“原理中心”突破多点结构试题,用“知识整合”突破关联结构试题,用“方法迁移”突破抽象扩展结构试题。

关键词:SOLO 分类理论;科学探究水平;结构试题;教学策略

中图分类号:G633.7

文献标识码:B

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.08.011

物理学科核心素养包括物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任 4 个方面。科学探究是指基于观察和实验提出物理问题,形成猜想和假设,设计实验与制订方案,获取和处理信息,基于数据、信息得出结论并作出解释,并在科学探究过程中对结果进行交流、评估和反思^[1]。在高考物理试卷中,主要通过实验试题的方式考查学生的科学探究能力。本文依据 SOLO 分类理论分析了 2021 年广东高考物理实验试题,明确了高考实验试题“考什么”和“如何考”等问题,这有助于高中物理教师把握实验教学的方向,深入思考“教什么”和“如何教”,从而使课堂实验教学更有方向、更有效率。

1 SOLO 分类理论

可观察的学习成果结构(Structure of the observed learning outcome, SOLO)是教育心理学家 John B. Biggs 提出的学习质量评价理论^[2]。SOLO 分类理论是在皮亚杰发展阶段论基础上建立起来的,体现了现代心理学的研究成果,具有严格的理论形态。SOLO 分类理论认为,学生回答某个问题时所表现出来的思维结构是可以检测的,

而检测焦点不是回答问题的“量”,而是回答问题的“质”。SOLO 分类理论根据学生回答问题的结果,把学生的思维结构分为由浅到深 5 个层次:前结构层次、单点结构层次、多点结构层次、关联结构层次、抽象扩展结构层次,如图 1 所示。

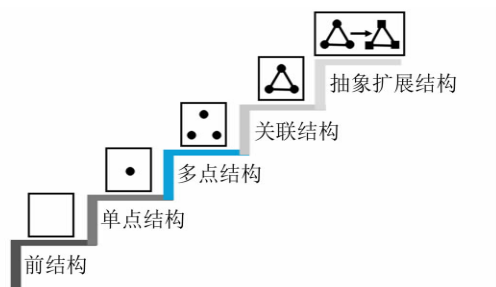


图 1 SOLO 分类理论的 5 个层次

前结构层次是指学生用一些与问题不相关的素材进行回答;单点结构层次是指学生用一项与问题相关的素材进行回答;多点结构层次是指学生用多项与问题相关的素材进行回答,但这些素材没有关联、彼此独立;关联结构层次是指学生将多项与问题相关的素材联系起来,形成一个整体,能够处理复杂问题;抽象扩展结构层次是指学生将多项与问题相关素材综合分析,归纳抽象出新

收稿日期:2021-06-30;修改日期:2021-07-20

基金项目:广州市黄埔区教育科学规划课题(No. 2020096)

作者简介:董友军(1976—),男,湖南衡阳人,北京师范大学广州实验学校高级教师,学士,从事中学物理教学。E-mail: dongyoujun55@163.com



的假设,能对相关知识进行应用与迁移,促使问题的意义得到扩展.前 3 个层次主要体现“量”的积累,而后 2 个层次追求“质”的提升.

SOLO 分类理论能够评价学生的思维结构层次,而高中物理试题需要保证适宜的区分度,因此它们之间存在一定的对应关系.本文通过 SOLO 分类理论对高考物理实验试题进行研究,既可以明确高考试题的评价方向,也可以提高课堂教学效率.

2 学业质量水平、科学探究水平与 SOLO 层次

学业质量是学生在完成本学科课程学习后的

学业成就表现.高中物理学业质量根据问题情境的复杂程度、知识和技能的结构化程度、思维方式或价值观念的综合程度等可划分为不同水平.每一级水平皆包含物理学科核心素养的 4 个方面,主要表现为学生在不同复杂程度情境中运用重要概念、思维、方法和观念等解决问题的能力^[1].高中物理学业质量分为 5 个水平,是教师命题和评价学生的重要依据,也是高中学业水平考试命题的重要依据,其中学业质量水平 2 是用于“学考”的命题依据,学业质量水平 4 是用于“高考”的命题依据^[1].另外,新课程标准对科学探究也进行了 5 个水平的划分^[1],表 1 给出了学业质量水平、科学探究水平与 SOLO 层次之间的对应关系.

表 1 学业质量水平、科学探究水平与 SOLO 层次的对应关系

学业质量水平描述	科学探究水平	SOLO 层次
能在他人指导下使用简单器材收集数据;能对数据进行初步整理	水平 1	单点结构
能根据已有科学探究方案,使用基本器材获得数据;能对数据进行整理,得到初步结论	水平 2	多点结构
能在他人帮助下制订科学探究方案,使用基本器材获得数据;能分析数据,发现特点,形成结论,尝试用已有物理知识进行解释	水平 3	
能制订科学探究方案,选用合适的器材获得数据;能分析数据,发现其中规律,形成合理的结论,用已有物理知识进行解释	水平 4	关联结构
能制订有一定新意的科学探究方案,灵活选用合适的器材获得数据;能用多种方法分析数据,发现规律,形成合理的结论,用已有物理知识进行科学解释	水平 5	抽象扩展结构

3 基于 SOLO 分类理论的实验试题分析

高考实验试题的设问,是按照单点结构、多点结构、关联结构、抽象拓展结构循序渐进,并呈现出从易到难趋势.首问比较容易,一般是单点结构或多点结构;末问比较难,一般是关联结构或抽象扩展结构.设问主要集中在多点结构,抽象扩展结构比较少,具体情况如表 2 所示.因此高考实验试题的难度中等偏易,有助于减轻学生的学习负担,同时引导教师带领学生完成所有课标必做实验,让学生经历实验的完整过程,培养学生实验操作能力和创新能力.

下面以 2021 年广东高考物理实验试题为例,探索基于 SOLO 分类理论的试题分析与教学策略.

11. 某兴趣小组测量一缓冲装置中弹簧的劲度系数.缓冲装置如图 2 所示,固定在斜面上的

透明有机玻璃管与水平面夹角为 30° ,弹簧固定在有机玻璃管底端.实验过程如下:先沿管轴线方向固定一毫米刻度尺,再将单个质量为 200 g 的钢球(直径略小于玻璃管内径)逐个从管口滑进,每滑进一个钢球,待弹簧静止,记录管内钢球的个数 n 和弹簧上端对应的刻度尺示数 L_n ,数据如表 3 所示.实验过程中弹簧始终处于弹性限度内.采用逐差法计算弹簧压缩量,进而计算其劲度系数.

表 2 设问的 SOLO 层次

SOLO 层次	11 题(力学实验)	12 题(电学实验)
单点结构	设问 1、设问 2	——
多点结构	设问 3	设问 1、设问 2、设问 3
关联结构	——	设问 4、设问 5
抽象扩展结构	设问 4	——

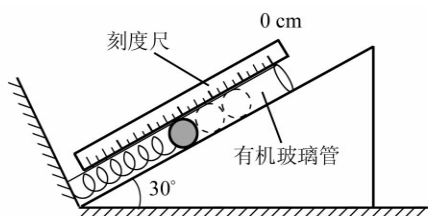


图 2 题 11 图

表 3 题 11 数据表

n	L_n/cm	n	L_n/cm
1	8.04	4	14.07
2	10.03	5	16.11
3	12.05	6	18.09

1) 利用 $\Delta L_i = L_{i+3} - L_i (i=1, 2, 3)$ 计算弹簧的压缩量: $\Delta L_1 = 6.03 \text{ cm}$, $\Delta L_2 = 6.08 \text{ cm}$, $\Delta L_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ cm, 压缩量的平均值 $\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3} = \underline{\hspace{2cm}}$ cm;

2) 上述 $\overline{\Delta L}$ 是管中增加 $\underline{\hspace{2cm}}$ 个钢球时产生的弹簧平均压缩量;

3) 忽略摩擦, 重力加速度 g 取 9.80 m/s^2 , 该弹簧的劲度系数为 $\underline{\hspace{2cm}}$ N/m (结果保留 3 位有效数字).

分析:

1) 设问 1 是求 ΔL_3 . 把已知 $L_6 = 18.09 \text{ cm}$, $L_3 = 12.05 \text{ cm}$ 代入 $\Delta L_i = L_{i+3} - L_i (i=1, 2, 3)$ 即可求得 $\Delta L_3 = 6.04 \text{ cm}$. 本设问是“对数据进行初步整理”, 属于单点结构层次.

2) 设问 1 求 $\overline{\Delta L}$. 把表 3 中的已知条件 $L_1 = 8.04 \text{ cm}$, $L_2 = 10.03 \text{ cm}$, $L_3 = 12.05 \text{ cm}$, $L_4 = 14.07 \text{ cm}$, $L_5 = 16.11 \text{ cm}$, $L_6 = 18.09 \text{ cm}$ 代入 $\Delta L_i = L_{i+3} - L_i (i=1, 2, 3)$, $\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3}$ 中, 可以求得 $\overline{\Delta L} = 6.05 \text{ cm}$. 本设问是“对数据进行初步整理”, 也属于单点结构层次.

3) 设问 3 是求 $\overline{\Delta L}$ 表示增加几个钢球. 根据 $\Delta L_i = L_{i+3} - L_i (i=1, 2, 3)$, $\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3}{3}$, 可以判断出 $\overline{\Delta L}$ 表示增加 3 个钢球. 本设问需要“对数据进行整理, 得到初步的结论”, 属于多点结构层次.

4) 设问 4 是求弹簧的劲度系数. 先对 3 个钢

球受力分析: 重力 $G = 3mg$ 、支持力 F_1 、弹力 $F_2 = k \overline{\Delta L}$; 把重力 $G = 3mg$ 分解为平行斜面分力 $G_1 = 3mg \sin 30^\circ$ 和垂直斜面分力 $G_2 = 3mg \cos 30^\circ$; 由于弹簧静止, 则 3 个钢球静止, 即有 $G_1 = F_2$, 得劲度系数 k 约为 48.595 N/m ; 由于题目要求结果保留 3 位有效数字, 即弹簧劲度系数为 48.6 N/m . 本设问既需要对 3 个小钢球进行受力分析, 记住重力和弹力公式, 对重力进行正交分解, 应用二力平衡; 还需要对 3 个钢球质量和弹簧压缩量进行单位换算, 应用三角函数知识, 保留 3 位有效数字, 最后才可以得到弹簧劲度系数的正确结论, 整个过程对应学业质量水平中的“能用多种方法分析数据, 发现规律, 形成合理的结论, 用已有物理知识进行科学解释”, 属于抽象扩展结构层次.

12. 某小组研究热敏电阻阻值随温度的变化规律. 根据实验需要已选用了规格和量程合适的器材.

1) 先用多用电表预判热敏电阻阻值随温度的变化趋势. 选择适当倍率的欧姆挡, 将两表笔 $\underline{\hspace{2cm}}$, 调节欧姆调零旋钮, 使指针指向右边“ 0Ω ”处. 测量时观察到热敏电阻温度越高, 相同倍率下多用电表指针向右偏转角度越大, 由此可判断热敏电阻阻值随温度的升高而 $\underline{\hspace{2cm}}$.

2) 再按图 3 连接好电路进行测量.

① 闭合开关 S 前, 将滑动变阻器 R_1 的滑片滑到 $\underline{\hspace{2cm}}$ 端 (选填“a”或“b”).

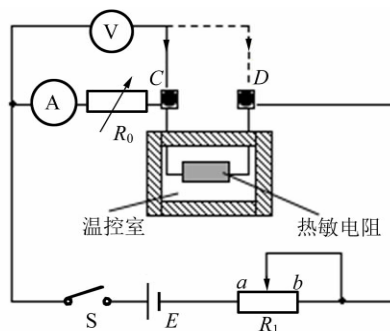


图 3 题 12 图

将温控室的温度设置为 T , 电阻箱 R_0 调为某一阻值 R_{01} . 闭合开关 S, 调节滑动变阻器 R_1 , 使电压表和电流表的指针偏转到某一位置, 记录此时电压表和电流表的示数、 T 和 R_{01} . 断开开关 S.

再将电压表与热敏电阻 C 端间的导线改接到 D 端, 闭合开关 S. 反复调节 R_0 和 R_1 , 使电压

表和电流表的示数与上述记录的示数相同,记录此时电阻箱的阻值 R_{02} ,断开开关 S.

②实验中记录的阻值 R_{01} _____ R_{02} (选填“大于”、“小于”或“等于”),此时热敏电阻阻值 $R_T =$ _____.

3)改变温控室的温度,测量不同温度时的热敏电阻阻值,可以得到热敏电阻阻值随温度的变化规律.

分析:

1)设问 1 是文字填空“将两表笔 _____”. 本设问的前面“选择适当的欧姆挡”与后面“调节欧姆调零旋钮”之间的逻辑性不强,需要学生亲自做过这个实验,并记住该实验步骤,才能够填出正确结果“短接”,即“能根据已有科学探究方案,使用基本器材获得数据”,属于多点结构层次.

2)设问 2 也是文字填空“由此可判断热敏电阻阻值随温度的升高而 _____”. 要正确回答本设问,需要知道多用电表的指针停在表盘最左边,表示电阻为无穷大,当指针向右偏转时,表示电阻减小. 学生通过观察到热敏电阻温度越高,相同倍率下多用电表指针向右偏转角度越大,即可以判断出热敏电阻阻值随温度的升高而减小. 要能正确回答本设问,同样需要学生亲自做过这个实验,并记住多用电表刻度盘数据与指针偏转规律,才可以填出正确结果“减小”,该过程对应“能根据已有科学探究方案,使用基本器材获得数据”,属于多点结构层次.

3)设问 3 是 2 选 1 的选择填空“闭合开关 S 前,将滑动变阻器 R_1 的滑片滑到 _____ 端(选填“a”或“b”). 要选出正确选项 b,就需要看懂滑动变阻器的连接结构,才能保证在闭合开关 S 前,让滑动变阻器接入电路的电阻值最大,即“能根据已有科学探究方案,使用基本器材获得数据”,属于多点结构层次.

4)设问 4 是 3 选 1 的选择填空,设问 5 是求热敏电阻阻值 R_T 的表达式. 要选出设问 4 中的正确选项,应先求出设问 5. 这需要学生知道电压表、电流表、电阻箱的测量原理,并记住部分电路欧姆定律,串、并联规律以及理解电路结构,才能够得出: $u = I(R_A + R_{01})$, $u = I(R_A + R_{02} + R_T)$, 从而求得设问 5 的正确答案 $R_T = R_{01} - R_{02}$, 进而得出设问 4 的正确选项“大于”. 该过程对应“能分析数据,发现其中规律,形成合理的结论,用已

有物理知识进行解释”,属于关联结构层次.

4 基于 SOLO 分类理论的教学策略

策略是指在不同条件下,为达到不同目标所采用的方式、方法、媒体的总和. 教学策略是指在教学过程中,为了完成教学目标,依据教学的主客观条件,特别是学生的实际情况,对所用的教学顺序、活动程序、组织形式、教学方法和教学媒体等的总和^[3]. 通俗地说,教学策略就是教师在各个教学环节所遵循的思想和方法. 根据对实验试题的 SOLO 分类理论分析,本文在实验教学方面提出以下教学策略.

4.1 用“器材发散”突破单点结构试题

器材是物理实验的基础,没有器材就没有实验. 做实验离不开器材的选取与使用,如测量同一个物理量时,可选用不同器材^[4]. 例如测量长度,可以选用传统器材——米尺、卷尺等,也可以选用现代器材——螺旋测微器、游标卡尺、位移传感器、声纳、雷达等. 通过选用不同实验器材进行测量,既可以使学生熟悉各种器材的规范操作,也可以拓宽学生的视野,从而突破单点结构试题.

4.2 用“原理中心”突破多点结构试题

原理是指实验中所用到的规律或公式,是该实验的出发点. 在实验教学时,对于求解 1 个物理量可以利用多个不同的公式去解决^[5]. 如求加

速度,可以用直接原理 $a = \frac{v_2 - v_1}{t_{12}}$ 测量,也可以用

间接原理 $v_2^2 - v_1^2 = 2ax$, $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, $x_2 - x_1 =$

at^2 , $a = \frac{v^2}{r}$, $F = ma$ 等测量. 原理是解决问题的核

心,一旦确定了实验原理,解决实验问题时都要从原理出发去思考. 高考实验试题的设计,都以原理为中心,由原理去选取器材、组合装置、确定步骤、处理数据、分析误差等. 如用 $\Delta x = x_2 - x_1 = at^2$ 测量加速度,就始终围绕该公式去分析问题和解决问题. 学生掌握了实验原理,就掌握了实验本质,无论怎么考查,只要学生从原理上去思考,就能找到解题方向,从而突破多点结构试题.

4.3 用“知识整合”突破关联结构试题

知识整合也称知识系统化,即把有关联的知识组合成网状结构,既有利于学生对已有知识的理解深化,也有利于头脑中新旧知识的相互作用. 知识系统化后不仅有利于学生理解新知识,还有

利于激发学生的认知潜力,并能够培养学生用深入联系的眼光看待事物.知识之间是相互联系的,通过知识整合,让知识之间的联系更清晰,有

助于学生灵活应用物理知识,突破关联结构试题.如测量灯泡的伏安特性曲线,可以整合相关的电压、电流、电阻、电热、电功率等知识,如表 4 所示.

表 4 电压、电流、电阻、电功、电热、电功率之间的关系

分类	电路类型	电压、电流、电阻、电功、电热、电功率之间的关系
连通方式	部分电路	$U=IR, R=\rho \frac{L}{S}, W=UIt, Q=I^2 Rt, P_{\text{输入}}=UI, P_{\text{发热}}=I^2 R$
	闭合电路	$E=U_{\text{内}}+U_{\text{外}}, U_{\text{内}}=Ir, I=\frac{E}{R+r}, P_{\text{电源}}=EI$
连接方式	串联电路	$U=U_1+U_2, I=I_1=I_2, R=R_1+R_2, P=P_1+P_2$
	并联电路	$U=U_1=U_2, I=I_1+I_2, \frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}, P=P_1+P_2$
功能关系	纯电阻电路	$W=Q, U=IR, I=R \frac{U}{R}, R=\frac{U}{I}$
	非纯电阻电路	$W \neq Q, U \neq IR, I \neq \frac{U}{R}, R \neq \frac{U}{I}$

4.4 用“方法迁移”突破抽象扩展结构试题

实验教学要以科学方法中心论为指导,构建知识逻辑结构,如图 4 所示,从科学现象出发,须经过科学方法的加工整理才能获得科学知识.科学方法是科学现象通达科学知识的必经之路,学生只有掌握科学方法,才能快捷地获取科学知识.科学方法可分为学科方法和思维方法.学科方法包括获得知识的方法和应用知识的方法,属于强认知方法,体现学科特点,可迁移性弱;思维方法包括逻辑思维方法和非逻辑思维方法,属于弱认知方法,贯穿各门学科,可迁移性强.高考实验试题,源于教材也高于教材,学生能从教材的实验题目中得到解题启发,找到解题方法.所以教师在实验教学过程中,要认真完成教材中的实验讲授,包括学生实验和演示实验,既要向学生讲授实验本身的原理,也要向学生介绍实验器材的原理;既要求学生动手操作实验,也要求学生掌握数据处理方法.通过方法的总结归纳,让学生掌握方法

的一般性规律,实现方法迁移,从而突破抽象扩展结构试题.

5 结束语

本文讨论了 SOLO 分类理论的层次与科学探究水平的对应关系,采用 SOLO 分类理论分析高考实验试题,不仅可以把握高考命题的特点与趋势,还可以指导高中实验教学的方向,了解高考实验试题的难度,从而达到理顺教考关系,实现“以考促教、以考促学”的目的^[6],并促进立德树人根本任务的落实,培养学生物理学考核核心素养.

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[M]. 北京:人民教育出版社,2018:5,45,48,79.
- [2] Biggs J B, Collis K F. 学习质量评价:SOLO 分类理论(可观察的学习成果结构)[M]. 北京:人民教育出版社,2018:27-28.
- [3] 樊卓琳. 高考物理试卷对科学思维能力的考查研究[D]. 西安:陕西师范大学,2018.
- [4] 董友军,彭欢,熊宏华. 突出创新思维,考查核心素养[J]. 物理实验,2021,41(3):59-62.
- [5] 董友军,翟春城. 基于物理学科核心素养的实验教学理论模型与实践路径[J]. 物理实验,2020,40(11):57-63.
- [6] 教育部考试中心. 中国高考评价体系[M]. 北京:人民教育出版社,2019:12.

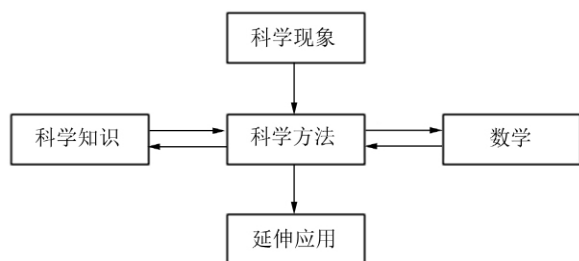


图 4 知识逻辑结构

Analysis of test questions and teaching strategies based on SOLO classification theory

—Taking the physics experiment questions of Guangdong college entrance examination in 2021 as an example

DONG You-jun¹, PENG Huan², PI Fei-peng³

(1. Guangzhou Experimental School Affiliated to BNU, Guangzhou 510700, China;

2. Guangdong Panyu Middle School, Guangzhou 511483, China;

3. School of Physics and Materials Science, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Taking the physics experiment questions of Guangdong college entrance examination in 2021 as an example, the analysis of test questions and teaching strategies based on the SOLO classification theory were explored. The corresponding relationship between the level of scientific inquiry and the level of SOLO was founded, level 1 corresponded to single-point structure, levels 2 and 3 corresponded to multi-point structure, level 4 corresponded to associated structure, and level 5 corresponded to abstract extended structure. The teaching strategy based on SOLO classification theory was obtained, namely, using equipment divergence to break through single-point structure test questions, principle center to break through multi-point structure test questions, knowledge integration to break through related structure test questions, and method transfer to break through abstract extended structure test questions.

Key words: SOLO classification theory; level of scientific inquiry; structure test; teaching strategy

[责任编辑:郭伟]

欢迎订阅 欢迎投稿

《物理实验》是由教育部主管、东北师范大学主办的学术期刊,是教育部高等学校物理学类专业教学指导委员会会刊,是中国高等学校实验物理教学研究会副秘书长单位,是高等学校物理演示实验教学研究会常务理事单位。本刊宗旨主要是交流物理实验研究成果,介绍国内外物理实验教学经验,培养读者的科学精神与创新能力,引领我国物理实验教学的改革与发展。杂志着重刊载对物理实验教学改革与发展具有前瞻性,对实验教学的具体问题具有指导性,对新科技成果应用于实验教学具有深度融合性,对传统实验内容具有拓展性和创新性的论文。目前开设的主要栏目有:前沿导读、近代与综合实验、拓展与创新、普通物理实验、教学论坛、专题、互联网+物理、学生园地、基础教育等。《物理实验》适合于物理实验工作者、理工科学生以及教学仪器研制技术人员阅读。

《物理实验》为月刊,全国各地邮局均可订阅,邮发代号为 12-44。若错过邮局订阅时间,可直接与编辑部联系。

《物理实验》编辑部