

基于 SOLO 分类理论的高考物理试题分析

邹佳辰 李兴华 孙永茂

(福建师范大学物理与能源学院 福建 福州 350108)

(收稿日期:2016-07-18)

摘要:利用 SOLO(Structure of Observed Learning Outcome) 分类理论对 2016 年高考 3 套新课标全国卷物理试题进行了分析,从问题解决的角度出发,综合知识和能力的考查设计了相应的 SOLO 层次判定标准.结果表明,3 份物理试题均集中在对多点结构水平和关联结构水平的考查,且主要通过动力学模块知识的考查体现.全国 I 卷高考物理试题对关联结构水平有较高要求,其他两份试卷 SOLO 层次分布相对均衡,此外,3 份全国卷也针对不同的适用地区体现出了相应的能力要求.

关键词:SOLO 分类理论 高考物理试题 能力要求

1 前言

SOLO 分类理论,英文全称是 Structure of Observed Learning Outcome,中文译作“可观察的学习成果的结构”,是由教育心理学家 Biggs 和他的同事以皮亚杰的认知发展理论为基础建立的一种质性评价理论. SOLO 分类理论将学生“可观察的学习成果”分为由浅入深的 5 个层次:前结构(Prestructure)、单点结构(Unistructure)、多点结构(Multistructure)、关联结构(Relational)、抽象拓展结构(Extended abstract)^[1]. 自被引进国内后,SOLO 分类理论不断被国内的教育研究者和教师所了解.随着国内学者对 SOLO 理论不断开发研究,该理论在考试研究方面的应用也由最初的开放性测验逐渐转移到现今的封闭性测验,此外,也有学者将 SOLO 理论用于指导教学设计和课堂教学.

2016 年新增安徽、福建等 7 省市使用全国卷,加上已有的河南、河北、江西等使用全国卷的 18 个省份,共有 25 个省市使用教育部考试中心命制的全国卷,随着新一轮高考改革的实施,将会有更多的省市采用全国卷.高考是选拔性考试,公平、公正是其目标和主要要求之一,对高考试题的研究和评估不仅

具有学术意义,同样也有社会意义.将 SOLO 分类理论应用于高考试题研究,一方面可以帮助规范试卷结构,另一方面也有助于开发一种新型课程目标评估工具,以促进新一轮课程改革的进行.

2 研究对象与方法

2016 年因新增多个省市使用全国卷,试卷调整为全国 I,全国 II,全国 III 3 份试卷,全国 III 卷适用于云南、广西、贵州,试卷结构及难度与全国 II 卷相当.教育部考试中心编写的《普通高等学校招生全国统一考试说明》^[2](以下简称考试说明)中指出理科综合中物理部分总分为 110 分,题型设置包括选择题和非选择题两个部分,如表 1 所示,其中选择题共 8 道,非选择题包括实验题 2 道、计算题 2 道和选考题 3 道,共计 15 道题.根据《考试说明》,物理部分考查内容包括力学、电学、热学、机械振动与机械波、光学、原子物理等.力学和电学部分知识主要集中在必考内容中,题号 14~25,共 12 道题,共计 95 分;而热学、光学、原子物理等知识主要通过选考题的形式出现,题号 33~35,3 道题选做 1 道题,每题均为 15 分.本文将试题中涉及的知识结构分为力学、电学及其他 3 大模块:“力学”模块指质点运动、力、牛顿定律、

作者简介:邹佳辰(1993-),男,在读硕士研究生,主要研究方向为物理课程与教学研究、高考试题研究.

指导教师:李兴华(1959-),男,硕士,副教授,主要研究方向为物理课程与教学研究、量子力学教学.

动量、机械能等;“电学”模块指电场、电路、电磁感

振动与机械波、热学、光学、相对论、原子物理以及一些特殊的解题方法。

表1 2016年高考新课标全国I,II,III卷试题结构

试卷	选择题				实验题		计算题		选考题		题量 总计/道
	单选题		双选题								
	数量/道	题号	数量/道	题号	数量/道	题号	数量/道	题号	数量/道	题号	
全国I卷	4	14~17	4	18~21	2	22,23	2	24,25	3	33~35	15
全国II卷	5	14~18	3	19~21	2	22,23	2	24,25	3	33~35	15
全国III卷	5	14~18	3	19~21	2	22,23	2	24,25	3	33~35	15

文献[1]认为学生可观察的学习成果体现在能力、思维操作、一致性与收敛、回答结构4个方面.文献[3]基于对高中化学考试试题进行的SOLO分析,提出SOLO分析应在充分考虑学生已有知识和能力的基础上,根据学生作答所采用的正确素材的数量及其相互关系,从而判定学生所表现出的学习结果层次,即SOLO层次.文献[4]通过对高考物理试题进行对比研究,发现SOLO分类理论中各SOLO层次与《考试说明》中的能力要求能够相互对应.本文借鉴前人分析试题时所设定的SOLO判定标准,依据学生在正确作答时所采用的物理素材数量以及各素材之间的相互关系来判定试题的SOLO层次,具体表述如下.

(1) 前结构水平(P):处于该水平的学生完全没有正确理解、掌握物理概念或规律.

(2) 单点结构水平(U):处于该水平的学生只能理解物理概念的一方面(如定义等),但无法和其他因素联系起来.

(3) 多点结构水平(M):处于该水平的学生能使用两个或两个以上不相关的物理概念,但不具备将这些概念关联的能力,或是认为学生只掌握了基本的物理规律.

(4) 关联结构水平(R):处于该水平的学生能将两个或两个以上物理概念关联起来,并形成综合性的规律.

(5) 抽象拓展结构水平(E):处于该水平的学生不仅能够将两个或多个物理概念合理地关联起来,还能在此基础上拓展到学科之外的知识.因此,本文将高考考试说明中未涉及但在试题中出现的知识判定为该水平.

需要说明的是,不同题型在进行SOLO分析时

应注意分析方法的选择.对于单项选择题,试题中正确选项所对应的SOLO层次即为该题的SOLO层次.对于多项选择题,应该考虑正确选项中各项所对应的SOLO层次以及各项间的相互关系,若存在相互关系即为关联结构,否则,界定为多点结构.实验探究题在考虑科学探究的各要素及其内涵的前提下,将操作、分析、评价、设计4个层次依次对应SOLO层次中的单点结构、多点结构、关联结构、抽象拓展结构^[5].计算题判定的标准与多项选择题的判定方法相同.依据上述界定标准,本文认为错误选项所代表的SOLO层次较正确选项的SOLO层次低.

依据上述规则,以2016年高考新课标I卷第20题来说明上文中对高考试题的分析方法.

【试题】如图1所示,一带负电荷的油滴在匀强电场中运动,其轨迹在竖直面(纸面)内,且相对于过轨迹最低点P的竖直线对称.忽略空气阻力.由此可知()

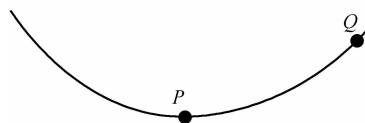


图1 试题题图

- A. Q点的电势比P点高
- B. 油滴在Q点的动能比它在P点的大
- C. 油滴在Q点的电势能比它在P点的大
- D. 油滴在Q点的加速度大小比它在P点的小

该题考查带电粒子在电场中运动的知识.回答者首先需要通过带电油滴的运动特点判断其受力情况,再通过判断合外力与位移的关系判断合外力所做的功以及油滴动能的变化,接着判断带电粒子所

受电场力做功与电势能的关系、电势能变化与电势变化的关系,最后应综合考虑正确选项之间的关系,本题的正确选项是 A,B,根据上述判定标准,可以判定该题的 SOLO 层次是关联结构水平。

此外,个别题目可能有多种解答方法,本文选择最一般的解答方法作为学生正确作答时所体现的认知结构,这主要是因为最一般的解法具有较高的普遍性,且能够清楚地体现出学生运用物理素材解决问题的过程。

3 研究结果与结论

对比表 2 中的数据可知,2016 年高考 3 套全国卷物理试题的 SOLO 层次主要集中在多点结构水平

表 2 试卷 SOLO 知识点分布情况总统计

项目	单点结构水平	多点结构水平	关联结构水平	抽象拓展水平	总计
SOLO 知识点个数 / 个	2	51	74	0	127
所占百分比 / %	1.6	40.2	58.3	0	100

表 3 3 套全国卷 SOLO 知识点分布情况

试卷	单点结构水平				多点结构水平				关联结构水平				抽象拓展水平	总计
	力学	电学	其他	总计	力学	电学	其他	总计	力学	电学	其他	总计		
全国 I 卷 15 道题	0	0	0	0	9	5	7	21	11	10	4	25	0	46
全国 II 卷 15 道题	0	0	0	0	4	7	5	16	19	4	4	27	0	43
全国 III 卷 15 道题	1	1	0	2	7	2	5	14	10	8	4	22	0	38
总计 45 道题	1	1	0	2	20	14	17	51	40	22	12	74	0	127

由表 3 可知,全国 I 卷考查的 SOLO 知识点总数与全国 II 卷相当,全国 III 卷中知识点总数比其他两份试卷的要少;其中全国 I 卷中处于多点结构水平的知识点总数与处于关联结构水平的相当,而全国 II 卷和全国 III 卷均偏重对关联结构水平的考查.3 份物理试卷中均对力学模块的知识有较高要求,3 份试卷中力学模块知识点总数均高于电学模块和其他模块的知识点总数,并且处于关联结构水平的力学模块知识点数量均多于关联结构水平的电学和其他类别的知识点数量.由于“其他”模块中包含的知识多为选考部分的内容,因此 3 份试卷中该模块所体现出的 SOLO 层次相当。

通过对 3 套试卷进行 SOLO 分析可以发现,面向中国中部地区的全国 I 卷对不同 SOLO 层次的要求相对较为均衡;全国 II 卷主要面向中国东北、西部和西南等地区的省市,试题偏重关联结构水平

和关联结构水平,所占百分比分别为 40.2% 和 58.3%。这说明高考物理试题注重考查考生对多个物理概念的理解及使用.从所占百分比来看,试题更注重考查考生能否建立多个物理概念之间的联系,使其关联成综合性较高的物理规律,用以解决物理问题.从知识点类别的统计结果来看(表 3),处于单点结构水平的知识点较少,力学、电学、其他 3 大模块知识点的分布情况分别为 1,1,0;处于多点结构水平的知识点较多,力学、电学、其他 3 大模块知识点的分布情况分别为 20,14 和 17,这 3 个模块知识点的考查情况相近;而处于关联结构的知识点最多,由表 3 中数据可以看出,力学部分的能力要求较高。

的考查;全国 III 卷面向广西、贵州和云南 3 省,试卷所体现的 SOLO 层次及其分布情况与全国 II 卷相当。

目前,全国卷高考物理试题对力学部分提出了较高的要求所体现出的能力水平相比其他模块都要高.力学模块的知识相对基础,但是与电学及其他模块联系相当密切,且在高中物理知识系统中力学处于核心地位.3 套试卷在力学及力学相关的试题中体现出了较高水平的 SOLO 层次,足以说明全国卷物理试题对力学的知识和考生解决此类问题的能力要求之高。

4 反思与展望

2017 年将全面实行新一轮的高考改革,并且新版的高中物理课程标准届时也将面世.高考肩负如

(下转第 120 页)

受3个力而处于静止平衡.这3个力是:(1)向下的重力 $mg(=\rho Vg=\rho Shg)$;(2)在上表面受到的向下的压力,例如大气压力 p_0S ;(3)在下表面受到的向上的液体的压力 $p_{液}S$.由于液柱静止平衡,故而有

$$p_{液}S = \rho Shg + p_0S$$

上式两边都除以液柱的横截面积 S ,则有

$$p_{液} = \rho gh + p_0$$

也就是说液体压强等于由重力

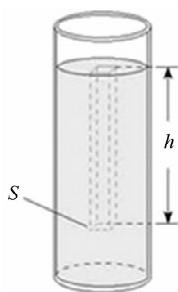


图9.2-3

图4 教科书中图9.2-3液体压强公式推导用图

作用产生的压强 ρgh 与表面上作用的压强 p_0 之和.前述 $p = \rho gh$ 是忽视表面上作用的压强只考虑重力作用的液体压强公式.

液体与固体不同,杯子中的水对杯子底部的压强是不能与水杯对桌面的压强相比的,静止在桌面上的水杯对桌面的压强的大小只是由水杯的重量产生的,虽然水杯上边也有向下的大气压力,但是水杯与桌面之间并非紧密接触,是有空气层存在的,对杯子有向上的大气压力;而杯子中的水与杯子底部之间是紧密接触的,是不存在空气层的,没有向上的大气压力抵消表面上大气向下的作用.

(上接第118页)

识考查和能力考查的双重任务,为使其更好地发挥选拔人才的作用,对试卷进行评价是必不可少的.同样,高考试题的命制也不能仅仅从难度、知识点等方面切入,还需要引入多种有关能力的判定标准,以促进考试公平.依据SOLO分类理论开发量化的试卷评价工具是可行的,但目前对于SOLO层次的判定标准不够统一,仍需进一步探索.

此外,学生的认知结构并非一成不变,利用SOLO分类理论可以建立有关学习成果的评价工具,例如,可以建立基于SOLO分类理论的试题库,或者类似的评测标准,用于学习过程中学习成果的诊断,能够较为及时地反馈教学效果,有助于教师对课堂教学的把握,从而对物理学科教育产生促进作用.

参考文献

- 1 彼格斯,科利斯.学习质量评价:SOLO分类理论(可观察的学习成果结构).高凌飏,张洪岩译.北京:人民教育出版社,2010.05
- 2 教育部考试中心.普通高等学校招生全国统一考试说明(理科·2016年版).北京:高等教育出版社,2016
- 3 麦裕华,曹琦明.基于SOLO分类理论的高中学业水平考试试题分析——以广东省2009—2015年学业水平考试化学试题为例.教育测量与评价(理论版),2016(03):51~55
- 4 郭晨跃,王宏博,罗莹.SOLO理论在高考物理试题比较研究中的应用.物理教师,2012(01):1~3,7
- 5 程柱建.SOLO理论视域下的高考实验能力分析——以2014年江苏物理高考实验题为例.物理教学,2014(12):16~19

The Analysis of College Entrance Examination on Physics based on SOLO Theory

Zou Jiachen Li Xinghua Sun Yongmao

(College of Physics and Energy, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350108)

Abstract: In this research, three sets of physics examination questions in the 2016 national college entrance examination, has been analyzed by a newly standard, which is based on SOLO theory, considering problem solving and the requirements of knowledge and competencies. The result shows that the three papers focus on the examination of the level of "multistructure" and "relational", and mainly through the examination of mechanics module. National I volume of physical examination on the level of "relational" has reflected higher requirements, and the other two papers is relatively balanced distribution on SOLO level. In addition, three copies of the volume also reflects the capacity of the corresponding requirements on different application area.

Key words: SOLO; college entrance examination on physics; the requirements of competencies