

高考物理试卷能力层次分析*

——以2019年高考5套物理试卷为例

李冰弦 宋善炎

(湖南师范大学物理与电子科学学院 湖南长沙 410081)

(收稿日期:2020-04-19)

摘要:高考作为人才筛选和阶层流动的方式,物理试卷要基于物理学科素养的视角,对学生问题解决能力进行考察.本研究通过SOLO分类理论对2019年5套高考物理试卷能力层次进行分析,得出了高考5套物理试卷总体能力层次差别.由此,新高考物理试卷命题应重视能力层次分布的合理性和全面性;教师需在提高学生问题解决能力的过程中更加注重促进物理学科核心素养的达成.

关键词:问题解决能力 SOLO分类理论 能力层次

1 问题提出

在我国,高考承担了人才筛选和阶层流动的功能,它体现了社会对一个人素质和能力的要求.因此物理高考直接指导着中学物理教学,对教学方法、教学资源的选择等都有着明显的导向作用.

目前高考对于能力要求的研究主要集中在试卷对能力类型的要求上,但对试卷的能力层次要求却鲜有关注.从恢复高考开始,我们对培养学生的要求从知识立意到能力立意,强调物理学科的育人功能.其中问题解决能力始终是学生能力中非常重要的一环,《普通高中物理课程标准》(2017年版)中也提出“更加强调提高学生综合运用知识解决实际问题的能力”^[1].高考作为重要的评价和分流方式,要基于物理学科核心素养的视角,对学生问题解决能力进行考察.

SOLO分类理论最初用于判断学生回答问题时所处的思维层次^[2],后来一些研究者发现考试的每道题目都可以对应特定的SOLO层次,从而将不同的考试试题分成由低到高4个思维层次——单一结构水平、多元结构水平、关联结构水平和扩展的抽象水平,分别用符号U,M,R,E表示^[3].高考充当着课堂教学指挥棒的角色,因此一些研究者开始利用

SOLO理论分析高考的思维层次分布情况.

而学生解决问题能力的不同水平层次可用SOLO理论的4个思维层次来反映.因此,本文通过SOLO理论,判断高考试卷中的每道题对学生问题解决能力层次的要求,了解高考要求学生达到的能力层次的分布特点,以期对优化试卷能力结构和教师教学提供参考.

2 分析框架

随着全国高考改革试点的推进,上海、浙江从2017年起开始实行新高考政策.从2020年开始,其他地区也会陆续进入新高考的大门.那么在2017年颁布的新课程标准背景下,2019年的高考物理试卷能力层次要求如何,各地区又如何在今后的命题和教学中向新高考的要求靠拢呢?

笔者选择了2019年高考新课标I卷、新课标II卷、新课标III卷、北京卷和江苏卷共5套物理试卷作为研究对象,其中新课标I,II,III卷是教育部考试中心组织命制的适用于全国大部分省区的高考试卷,具有较好的代表性;北京作为2017年的改革试点,命题始终走在前端;江苏省从2008年起,就实行“3+学业水平测试+综合素质评价”高考方案,与我们改革的大方向较为一致,具有研究的意义.

SOLO理论中的思维层次越高,相应的问题解

* 2018年湖南师范大学教学改革项目“教师教育课程体系建设与实践研究”阶段性成果.

作者简介:李冰弦(1996-),女,在读硕士研究生,研究方向为中学物理教育.

决能力也就越强. 考虑到目前课程标准对学生的要求, 并参考其中对问题解决能力的描述, 笔者总结出了物理试题的4个能力层次所对应的能力要求与高

考题实例, 以此说明各层次划分的方法和依据. 如表1所示.

表1 SOLO理论下的高考物理试题能力层次划分

能力层次	能力要求	例题
单点结构层次(U)	题目只涉及到了一个知识点, 要求学生能解决简单的实际问题、应用常见的物理模型	<p>【例1】(2019年高考江苏卷) 某理想变压器原、副线圈的匝数之比为1:10, 当输入电压增加20 V时, 输出电压</p> <p>A. 降低2 V B. 增加2 V</p> <p>C. 降低200 V D. 增加200 V</p> <p>解析: 此题所用知识点为理想变压器原、副线圈的电压比等于匝数比这一个知识点, 归为U层次</p>
多点结构层次(M)	题目涉及到了两个或两个以上知识点, 但仅考察各知识点的简单应用, 不要求知识点间的综合应用	<p>【例2】(2019年高考北京卷) 利用图1所示的装置, 观察光的干涉、衍射现象, 在光屏上得到如图2中甲和乙两种图样. 下列关于P处放置的光学元件说法正确的是()</p> <p>A. 甲对应单缝, 乙对应双缝</p> <p>B. 甲对应双缝, 乙对应单缝</p> <p>C. 都是单缝, 甲对应的缝宽较大</p> <p>D. 都是双缝, 甲对应的双缝间距较大</p> <p>解析: 此题涉及到了双缝干涉图样、单缝衍射图样两个知识点, 且没有相互联系, 归为M层次</p> <div style="text-align: right;">  <p>图1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>甲 乙</p> <p>图2</p> </div>
关联结构层次(R)	题目涉及到了三个及以上的知识点, 需要学生将不同的物理概念和规律能够联系起来, 综合分析, 整体把握, 解决较为复杂的综合性物理问题	<p>【例3】(2019年高考新课标Ⅲ卷) 如图, 电荷量分别为q和$-q$($q > 0$)的点电荷固定在正方体的两个顶点上, a, b是正方体的另外两个顶点, 则()</p> <p>A. a点和b点的电势相等</p> <p>B. a点和b点的电场强度大小相等</p> <p>C. a点和b点的电场强度方向相同</p> <p>D. 将负电荷从a点移到b点, 电势能增加</p> <p>解析: 此题涉及到了矢量的合成与分解、电势、电场强度、电势能等知识点, 且需要综合考虑, 归为R层次</p> <div style="text-align: right;">  </div>
抽象拓展结构层次(E)	题目灵活不常规, 在关联结构层次的基础上, 强调情景的“新”, 需要学生从题目所给信息中分析、拓展、创新, 给出更加抽象、普遍、一般的结论	<p>【例4】(2019年高考北京卷)(3) 由于大量气体分子在各方向运动的几率相等, 其对静止雨滴的作用力为零. 将雨滴简化为垂直于运动方向面积为S的圆盘, 证明: 圆盘以速度v下落时受到的空气阻力$f \propto v^2$ (提示: 设单位体积内空气分子数为n, 空气分子质量为m_0).</p> <p>解析: 此题中用到了动能定理、牛顿第二定律、动量定理等知识点, 且第三问中要求建立雨滴下落模型, 考察方式新颖, 对生物理模型的建构能力要求较高, 归于E层次</p>

基于表1, 可分析出高考物理试题能力层次的分布情况.

3 2019年高考物理试卷能力层次划分

下面对2019年高考新课标I卷、新课标II卷、

新课标III卷、江苏卷以及北京卷进行能力层次的划定与归类, 从而分析每套试卷的能力层次分布特点.

高考的知识板块包括力学、热学、电磁学、光学和原子物理学, 分别用力、热、电磁、光、原表示. 题目中包含两个知识模块的, 如带电粒子在磁场中做匀

速圆周运动的题型,按电磁学与力学各占一半分值来进行统计.

为保证能力层次划分的可信度,笔者邀请了5位一线教师与6位硕士研究生对这5套试卷进行能力层次的划分,再经过交流讨论,得出了5套试卷中每道试题的等级划分情况,以新课标II卷为例,如

表2 2019年高考新课标II卷知识板块和能力等级划定情况

题型	选择题								实验题	计算题	选做题					
	单项选择题				多项选择题						2选1					
题号	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	33		34	
分值/分	6	6	6	6	6	6	6	6	5	10	12	20	(1)	(2)	(1)	(2)
知识板块	力	原	力	电磁(力)	力	力	电磁(力)	电磁(力)	力	电磁	电磁(力)	力	3-3		3-4	
SOLO等级	U	U	U	M	M	R	M	R	M	M	R	E	M	R	R	M

表3 2019年高考新课标I卷分题型和分模块能力层次分布情况

SOLO等级		U	M	R	E	总和
模块占比(总分110分)/%	力	5.45	12.73	19.09	18.18	55.45
	电磁	0.00	2.73	22.73	0.00	25.45
	原	5.45	0.00	0.00	0.00	5.45
	选修	0.00	13.64	0.00	0.00	13.64
总和/ %		10.91	29.09	41.82	18.18	100

新课标I卷的选做题都为M层次,因此选修的15分都归为M层次.从知识模块来看,力学、电磁学和原子物理学占比逐渐减少;从能力层次分布来看,力学各层次都有分布,电磁学集中在R层次,原子物理学只有一道U层次的选择題,只对单个知识点的理解有要求.选修集中在M层次.最后一道计

表4 2019年高考新课标II卷分题型和分模块能力层次分布情况

SOLO等级		U	M	R	E	总和
模块占比(总分110分)/%	力	10.91	15.45	13.64	18.18	58.18
	电磁	0.00	14.55	8.18	0.00	22.73
	原	5.45	0.00	0.00	0.00	5.45
	选修	0.00	6.82	6.82	0.00	13.64
总和/ %		16.36	36.82	28.64	18.18	100

由表2可得,选做题第(1)问为5分,33题与34题分别为M和R层次,按两模块各有50%的考生选

择来算,记为M,R层次各2.5分.从知识模块来看,

力学、电磁学和原子物理学占比逐渐减少.从能力层次分布情况.

3.1 新课标I卷能力层次分布情况

表3为2019年高考新课标I卷分题型和分模块能力层次分布情况.

表4 2019年高考新课标II卷分题型和分模块能力层次分布情况

SOLO等级		U	M	R	E	总和
模块占比(总分110分)/%	力	10.91	15.45	13.64	18.18	58.18
	电磁	0.00	14.55	8.18	0.00	22.73
	原	5.45	0.00	0.00	0.00	5.45
	选修	0.00	6.82	6.82	0.00	13.64
总和/ %		16.36	36.82	28.64	18.18	100

算题是E层次,对学生剖析模型、数学计算的要求较高.总体来看高层次占据优势.

3.2 新课标II卷能力层次分布情况

表4为2019年高考新课标II卷分题型和分模块能力层次分布情况.

择来算,记为M,R层次各2.5分.从知识模块来看,力学、电磁学和原子物理学占比逐渐减少.从能力层

次分布来看,力学题 E 层次占比最多,而电磁学 M 层次有优势,原子物理学只有一道 U 层次的选择题.总体来看对于知识点和综合运用的考察较为均衡.

3.3 新课标 III 卷能力层次分布情况

表 5 为 2019 年高考新课标 III 卷分题型和分模块能力层次分布情况.

表 5 2019 年高考新课标 III 卷分题型和分模块能力层次分布情况

SOLO 等级		U	M	R	E	总和
模块占比(总分 110 分)/%	力	5.45	15.45	34.55	0.00	55.45
	电磁	5.45	14.55	10.91	0.00	30.91
	原	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	选修	0.00	4.55	9.09	0.00	13.64
总和 / %		10.91	34.55	54.55	0.00	100

从知识模块来看,力学占比最多,没有原子物理的内容.

从能力层次分布来看,力学、电磁学在 U, M, R 3 个层次都有分布,其中 R 层次在力学中最多, M 层次在电磁学中较有优势.总体来看 R, M, U 层次的

占比逐渐降低, R 层次略超过总分的一半,高能力层次的题考察较多.

3.4 江苏卷能力层次分布情况

表 6 为 2019 年高考江苏卷分题型和分模块能力层次分布情况.

表 6 2019 年高考江苏卷分题型和分模块能力层次分布情况

SOLO 等级		U	M	R	E	总和
模块占比(总分 120 分)/%	力	2.50	15.83	14.58	6.67	39.58
	电磁	5.00	27.50	1.25	6.67	40.42
	选修	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00
总和 / %		7.50	63.33	15.83	13.33	100

从知识模块来看,电磁学部分占比最多,力学紧随其后.

从能力层次分布来看,力学和电磁学都是 M 层次较多,考察多个知识点的掌握,选修部分都为 M 层次.总体来看主要集中在 M 层次.

3.5 北京卷能力层次分布情况

北京与全国卷和江苏卷不同的是,热学、光学、原子物理学也作为必修在试题中考察.

表 7 为 2019 年高考北京卷分题型和分模块能力等级划定情况.

表 7 2019 年高考北京卷分题型和分模块能力等级划定情况

SOLO 等级		U	M	R	E	总和
模块占比(总分 120 分)/%	力	0.00	32.50	6.67	16.67	55.83
	热	0.00	5.00	0.00	0.00	5.00
	电磁	0.00	22.50	6.67	0.00	29.17
	光	0.00	5.00	0.00	0.00	5.00
	原	0.00	5.00	0.00	0.00	5.00
总和 / %		0.00	70.00	13.33	16.67	100

从知识模块来看,力学部分最有优势.

从能力层次分布来看,力学、电磁学部分 M 层

次分数占比较多.热学、光学和原子物理学部分以单选题的形式出现,且都处于 M 层次,只要求考生掌

握基础知识点. 总体来看北京卷主要集中在 M 层次, 占比达到 70.00%, 总体能力要求不高, 但出现了 E 层次的题目.

3.6 能力层次分布横向比较分析

本文横向比较了 5 套试卷的能力层次分布情况, 从而了解不同地区试卷的特征和异同点.

2019 年高考新课标 I 卷、II 卷总体分布较为均衡, 其中 M, R 层次较为突出, 而 I 卷的 R 层次占比较多, 重视综合运用的题型, II 卷的 M 层次更有优势, 注重知识点的覆盖. 新课标 III 卷中 R, M, U 层次逐渐减少, R 层次占比在 5 套试卷中最高. 相比新课标 I, II, III 卷, 江苏卷和北京卷的 M 层次占比都非常突出, 且北京卷高于江苏卷, 其中北京卷力学、热学、电学、光学、原子物理学 5 部分内容都为必考, 因此在知识点广度上尤为突出. R 层次占比为北京卷低于江苏卷, 且都明显比新课标卷要少. 除新课标 III 卷外, 都有一道 E 层次的计算题, 有效地拉高了总体能力层次.

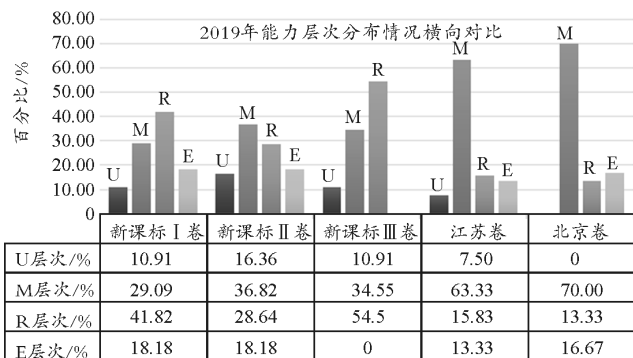


图 1 2019 年能力层次分布情况横向对比

以 U, M, R 和 E 层次分别对应着水平 1, 2, 3, 4, 根据公式 (A, B, C, D 分别为处于 U, M, R, E 能力层次的试题占总分的百分比), 可计算出试卷的总体能力要求为: 新课标 I 卷 > 新课标 II 卷 > 北京卷 > 新课标 III 卷 > 江苏卷.

4 命题与教学建议

基于以上研究, 笔者从命题与教学两方面, 对一线教师提出以下建议.

4.1 命题建议

(1) 合理设置 M 层次占比, 保证试题的全面性

高考试题所涉及的知识内容应该是具有代表性的概念、规律、思想和方法, 因此通过 M 层次来增大知识点考察面是很好的选择. 总体来看新课标 I 卷的 M 层次相对较少, 试题对物理思维与计算能力要求很高, 但试题的新颖性和情境性不突出, 对提升学生问题解决能力的作用有限, 可考虑地方差异适当增加 M 层次, 设计涵盖多知识点的现实问题情境, 与前沿科技、生活时事结合紧密. 同时, 多知识模块融合的题型也是探索的方向.

(2) 巧妙安排 R 层次比例, 加强试题的综合性

R 层次强调多个知识的综合应用, 可同时满足考察知识点的广度和深度两个要求. 通过 R 层次的计算题, 可以看到学生呈现的解答过程, 从而评价学生分析和解决问题的能力. 北京卷的 R 层次处于较低水平, 对力学、电磁学内容挖掘得不深, 虽然部分试题注重创新和情景设置, 但综合性问题不够多, 不利于培养问题解决能力导向的形成. 在保证全面考察的基础上可适当增加 R 层次, 提高对数学能力的考察, 在试题深度上下功夫.

(3) 探索设计 E 层次题型, 注重试题的开放性和创新性

E 层次试题可通过新颖的试题场景考察学生联系、迁移从而解决问题的完整思维过程, 更好地评价学生高层次的物理核心素养. 这 3 套试卷都应该结合地区差异, 每年保证一定的 E 层次试题的存在, 可起到人才选拔和教学引领作用. 因此, 探索设计 E 层次的题型非常有必要, 可要求学生通过实验题中的开放性问题进行新的实验设计; 在计算题中进行新的物理模型的建构; 或通过数学工具由特殊情况抽象出更一般的结论. 整体来看, U 层次注重基础性、M 层次注重全面性、R 层次注重综合性、E 层次注重开放性和创新性, 命题时需注重各层次分布的合理性, 保证正常的梯度进阶.

4.2 教学建议

(1) 在现实问题情景中保证物理概念和规律的掌握

新课程标准要求注重课程的基础性和选择性, 即要有适当的 M 层次, 保证知识点的覆盖力度. 同

时新课程背景下的M层次要求教师创设现实的问题情景,让学生切实感觉到知识学习也可以有声音、有画面。这要求教师能充分熟悉教材,善于观察生活,能在教学中为学生提供合适的支架,从而带领学生解决实际问题。

(2)在提升知识广度的基础上强调知识点的综合运用

R层次将知识点挖掘较深,教师需在M层次的基础上进行R层次的教学。教师可合理设置教学梯度,从单个到多个知识点教学,在原有知识点综合运用的基础上再进行深化拓展、迁移创新。从而锻炼科学思维,进行问题解决。新课程背景下的R层次教学要兼具综合性和应用性,因此,教学情境要具有问题性、真实性、探究性,此类的真实生活情景并不是随处可得,可结合STSE等跨学科项目进行学习,精准对焦现实问题,切实提高解决能力。

(3)在提高问题解决能力的过程中促进高层次物理学科核心素养的达成

E层次的题型包括开放性的实验题,要求物理建模的计算题等,具有创新性、拓展性、开放性等特点,能最大程度地展现学生问题解决能力的水平层次。现实情景的问题常常是复杂的、开放的,学习者不可能将已有的知识结构简单提取出来解答实际问

题,而只能根据实际情况,以原有的经验知识为基础,建构用于指导问题的图式^[4],从而抽象出新的符合情景的物理模型。因此,在处理过程中可以最大限度地锻炼学生的创新和实践能力。

为了帮助学生达到E层次水平,要使学生亲身经历物理模型建构的过程,从而拥有独立建模的能力。因此,教学的任务情境要与日常生活、科技前沿等紧密联系,并积极创建真实的、复杂的问题情景,在解决问题的过程中,物理学科核心素养所提到的物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任都可以最大程度地体现,教师可以评价学生的表现,从而查漏补缺,促进学生高层次物理学科核心素养的达成。

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)[S]. 北京:人民教育出版社,2017.2,29~30
- 2 Biggs,J. &K. Collis,Evaluating the Quality of Learning: The SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome)[M]. New York: Academic Press, 1982
- 3 山丽娟. 高考物理试卷能力结构研究[D]. 上海:华东师范大学,2011
- 4 宋善炎,丁向阳.“有意义学习”与“有意义的学习经历”[J]. 教育科学研究,2010(03):63~65,69

Analysis on Capability Level of Physics Examination Paper in College Entrance Examination

—Take the 5 Sets of Physics Test Papers for the College Entrance Examination in 2019 as an Example

Li Bingxian Song Shanyan

(College of Physics and Electronic Science, Hunan Normal University, Changsha, Hunan 410081)

Abstract: The college entrance examination is a way of talent selection and class mobility. Physics examination papers should examine students' problem-solving ability, based on the perspective of physics subject literacy. This research analyzes the ability levels of 5 sets of college entrance examination papers in 2019 through the SOLO classification theory, and draws the differences in the overall ability levels of 5 sets of physics examination papers. Therefore, the physics test paper proposition of the new college entrance examination should pay attention to the rationality and comprehensiveness of the ability level distribution; teachers need to pay more attention to promoting the core literacy of physics in the process of improving students' problem-solving ability.

Key words: problem-solving ability; SOLO classification theory; ability level