

物理实验室

# 十三年高考物理江苏卷实验题的反思与启示\*

## ——以高考评价新体系的视角

蒋霖峰 (南京市金陵中学 江苏 210005)

陆建隆 (南京师范大学教师教育学院 江苏 210097)

**摘 要** 本文以中国高考评价体系和 2017 版普通高中物理课程标准的视角对十三年(2008—2020)来高考物理江苏卷的实验题进行统计分析,发现相比 2018 年修订的 2017 版普通高中物理课程标准对实验的要求,存在考查内容覆盖面窄、实验能力要求不够高且不够全面、问题设置体现探究性和开放性不足等情况;应对新高考方案下物理江苏卷在实验题命制上可能做出的改变和突破,笔者提出四点教学建议,以供参考。

**关键词** 高考物理江苏卷 实验题 中国高考评价体系 2017 版物理课程标准

**文章编号** 1002-0748(2020)12-0030

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** B

### 1 引 言

教育部于 2018 年初发布了《普通高中物理课程标准(2017 年版)》,2020 年又出了修订版,其目的是指导各学校全面深化课程改革、落实立德树人根本任务<sup>[2]</sup>。物理作为以实验为基础的学科,不管是日常教学还是以高考为代表的终端评价中,都对实验技能和探究能力的考查非常重视。对江苏基础教育来说,2008 年和 2021 年都是具有里程碑意义的年份,分别标志着 08 方案(3+2 模式,理科生必选物理,以等级呈现,不计总分)和新高考方案(3+1+2,物理和历史二选一,以原始分计入总分)的开端。纵观 08 方案以来的江苏卷,已经形成其稳定的结构与鲜明的特色,实验题的偏向从对基础事实和物理概念的考查渐变为对实验操作和分析反思能力的高层次的考查,这与 2003 版《课程标准》中对实验能力的培养要求相吻合<sup>[1]</sup>。

近年来江苏卷对实验题的考查风格可能已在很多一线教师心中留下“刻板印象”,而新课程改革和中国高考评价体系对实验教学与考核都提出了新要求,下面对高考物理江苏卷 2008—2020 年的实验题进行统计分析,检视新高考评价体系视角下过去十三年江苏卷在实验考查方面的不足。

### 2 2008—2020 年高考物理江苏卷实验题的统计分析

#### 2.1 基于考查内容广度与难度系数的统计分析 SOLO (Structure of the Observed Learning

Outcome)评价是一种通过等级描述对学习结果进行质性评价的方法。其等级从低到高分别为:前结构、单点结构、多点结构、关联结构和拓展抽象结构<sup>[7]</sup>。我们可根据试题每一小问所涉及的等级要求对其难度进行定性预估,例如考查电表读数,学生只需找到试题中相应电表进行准确读数,不需考虑其他信息,在等级描述中属于单点结构,因此该小问的预估难度为“简单”;若某一问需在分析误差的基础上优化实验方案,其在等级描述中属于拓展抽象结构,因此该问预估难度为“难”。从单点结构到拓展抽象结构对应的预估难度分别为简单、一般、较难、难。

表 1 是针对近十三年实验题考查内容和预估难度进行逐问统计,对考查内容的统计遵循小问优先原则,如一道力学实验题题干是“验证机械能守恒定律”,但第一小问考查了纸带的处理问题,则将该问划为“测量做直线运动物体的瞬时速度”一栏,其他小问划归机械能守恒定律。表格中数字以“空”为单位,若一个小问包含两小空问题,则分开统计。对考查内容的文字描述以 2017 版课标的提法为准。

表 1 2008—2020 年实验内容考查与预估难度二维统计表

实验考查内容	2003 版课标要求	2017 版课标要求	单点结构	多点结构	关联结构	拓展抽象
1. 测量直线运动物体的瞬时速度	√	√	8	5	6	2

\* 通讯作者: 陆建隆。

续 表

实验考查内容	2003 版课标要求	2017 版课标要求	单点结构	多点结构	关联结构	拓展抽象
2. 探究两个互成角度的力的合成规律	√	√	2	2	4	2
3. 加速度与物体质量、物体受力的关系	√	√	3	5	5	0
4. 探究动能定理	√	×	2	3	2	0
5. 验证机械能守恒定律	√	√	1	5	4	1
6. 探究弹簧弹力与形变量的关系	×	√				
7. 探究平抛运动的特点	×	√				
8. 探究向心力的大小与半径、角速度和质量的关系	×	√				
9. 测量金属丝的电阻率	√	√	7	9	2	1
10. 描绘小灯泡的伏安特性曲线	√	×	6	2	4	1
11. 测量电源的电动势和内阻	√	√	4	3	2	0
12. 用多用电表测量电学中的物理量	√	√	4	3	2	0
13. 观察电容器的充放电现象	×	√				
总计			37	37	31	7

从表 1 数据可看出,近十三年实验内容的考查与 2003 版课程标准基本吻合,在必修部分要求学生做的正是表中罗列的 9 个实验。但有些年份会有所创新,如 2012 年第 11 题目的为“测量木块与桌面间的动摩擦系数”,实际上是考查学生利用匀变速运动的规律解决新情境下的问题。2017 版课标对力学实验和电学实验在数量上也有所扩充,如 2003 版只要求研究直线运动,2017 版对平抛运动和向心力的探究实验都提出明确要求。选择性必修模块还有 9 个实验,涉及交流电、电磁感应、热学和光学部分的知识(见表 2),也要引起重视,在新课标体系下,这

部分内容是选考物理的学生必修内容,故在考查时可能不再区别对待。如探究动量守恒定律的实验,新高考背景下,其实验要求也相应被提至新高度。

表 2 选择性必修模块实验内容考查

序号	实验内容	对应教材
1	验证动量守恒定律	选择性必修 1
2	用单摆测量重力加速度的大小	
3	测量玻璃的折射率	
4	用双缝干涉实验测量光的波长	
5	探究影响感应电流方向的因素	选择性必修 2
6	探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系	
7	利用传感器制作简单的自动控制装置	
8	用油膜法估测油酸分子的大小	选择性必修 3
9	探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系	

从表 1 数据还可看出,预估难度从“单点结构”到“关联结构”范围内的数量相比层级四有显著差异,但前三个层级之间数据差异不明显,说明问题设置的平均难度接近中等偏易的水平。高考作为选拔性考试,“单点结构”水平的问题占比大会削弱选拔功能,让实验素养的培养浮于表面。而实验探究能力是物理核心素养的重要方面,所以高考实验题要将具有创造力和缜密思维能力的学生筛选出来,实验题难度偏低,有失终端测评的价值取向,也不利于一线教师从思想上重视实验教学。因此实验题的设计要考虑每个小问的功能定位,有些要充当“守门员”角色侧重基础考查,有些则要充当“前锋”角色侧重高水平实验能力的考查。理想的实验题应该在强化“多点结构”和“关联结构”水平考查的同时兼顾“单点结构”和“拓展抽象”水平。

## 2.2 基于实验能力考查的统计分析

2017 版课标将科学探究质量划分成了 5 个水平,通俗说来,“水平 1”是知道自己要做什么(如 2020 年第 10 题(1)问:根据电路连接实物图);“水平 2”是能将相关基础知识应用到科学探究中去(如 2014 年第 10 题(2)问判断电路故障);“水平 3”是要利用实验数据进行合理分析(如 2015 年第 11 题(3)问根据数据描述磁铁运动过程);“水平 4”是对过程和结果进行反思评价(如 2016 年第 11 题(3)问的误差分析);“水平 5”是能提出更优化的实验方案(如

2014 年第 10 题(3)问在误差分析基础上对实验进行改进)。以上 5 个探究水平界定和布鲁姆目标分类是内在一致的,因此可以依据布鲁姆教育目标的分类对能力水平进行界定;再将科学探究划分为“原理和方案”“器材和操作”“现象和数据”“解释和结论”四个过程<sup>[5]</sup>。根据以上分析得到实验探究能力的二维测评框架,将 2008—2020 年高考实验题的 112 个小问分类统计,得到表 3。

表 3 实验探究能力考查二维统计表

	理解	应用	分析	评价	创造	总计
原理和方案	2	4	5	0	1	12
器材和操作	17	17	5	1	2	42
现象和数据	12	11	13	2	0	38
解释和结论	0	4	6	8	2	20
总计	31	36	29	11	5	112

从表 3 统计数据可以看出,在器材操作和数据分析方面设问占比较多,问题数量比原理方案和结论解释的和多。在探究水平的考查方面,理解、应用、分析三个水平的问题数量占总数的 80% 以上;对原理和实验方案的直接考察只有 12 个小问题且能力水平要求不高,只占问题总数 10% 左右。可以看出近十三年江苏高考实验能力考查的结构特色:偏向器材使用和基本数据处理,对能力要求不全面,侧重基础能力的测评,弱化了实验原理、实验方案再设计和实验数据深层次分析能力的考查。这种考查结构,对具有中高等实验能力水平的学生区分度不够,而对大部分学生而言,也许通过“刷题”就能得到不错的分数。

### 2.3 基于实验题探究性和开放性的统计分析

新高考评价体系要求通过新颖的实验情境为背景,以问题为导向,让学生在新情境下运用物理实验知识和技能,在较高层次上考查探究能力和创新思维。因此实验情境的设计和问题设置显得尤为重要,题目的设计首先要新颖且具有一定的探究性,每个问题的设置要和题目紧密联系,这样便于对探究能力和创新思维进行有效考查。我们根据每一小问与题目情境联系程度将问题分为情境分离型、情境嵌入型、情境结合型<sup>[6]</sup>。对近十三年实验题的 112 个小问题分类统计,得到图 1,图 2。

其中情境分离型设问是指问题和情境分离,不看试题内容也能解答,如螺旋测微器的读数;情境嵌入型设问是指问题和试题情境相互融合,考生需要

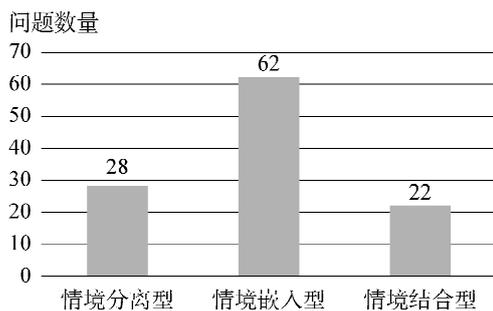


图 1 每个问题的情境类型分布情况

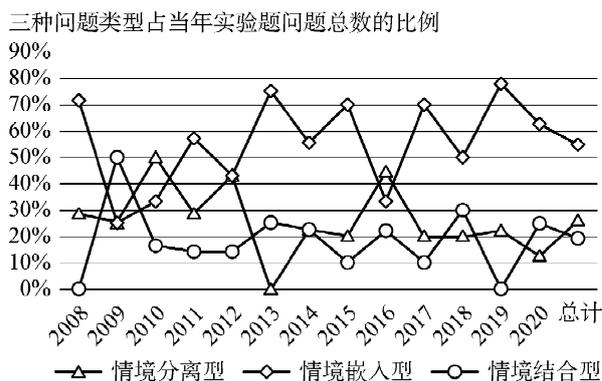


图 2 各年份三种问题类型占比趋势图

利用情境中的信息才能做出正确解答,可将实验器材的选择、实验数据的处理、实验结论的得出归为此类,例如 2020 年第 11 题(3)问,这类问题是对学生信息筛选能力和理解能力的考查,区分度较高;情境结合型设问是指考查内容和知识点需要从情境中提出,考生需要有较强的迁移能力才能将此问题解决,一般将较复杂的误差分析、实验改进或实验设计等问题归为此类,例如 2016 年第 11 题(3)问,这类问题难度大,创新性强,是对学生实验综合能力的高级别考查。

从统计图可以看出,情境嵌入型问题占最大比例,但随年份的不同其占比趋势不稳定,波动大;情境分离型问题和情境结合型问题相比总数量相差不多,但逐年份占比不稳定,2010 年情境分离型问题占比达 50%,对实验能力的筛选性不够。近三年分离型问题占比有所下降,基本徘徊于 25% 左右,2020 年占比 13%;情境融合型问题是实验题探究性和创新性的体现,但近十三年实验题中该类问题出现不多,占比少,虽 2009 年占比也到 50%,但之后的年份都在 30% 以下。所以 2008 方案以来高考实验题在探究性、创新性方面的体现还显得不足,这也是因为物理学科的等级制导致在实验教学评价方面不敢有大的作为和更高选拔性的要求。

### 3 高考评价新体系下进一步提升物理实验教学质量的建议

#### 3.1 重视新高考评价体系下实验考查理念变化带来的实验考查内涵要求的提升

自“2008 方案”实施至今,高考物理江苏卷已形成稳定的结构与鲜明的特色,命题质量和水平成熟、稳定。在实验题的设计上不断探索,在传统实验基础上推陈出新,尽量避免考查内容模板化,这可以说是对 2003 版课程标准中育人目标的有效探索与实践。不过就统计数据来看,其与高考评价新体系里“一核四层四翼、情境化”的理念还有差距,其差距体现在考查内容的覆盖面较小、实验能力的要求较低、问题设置与试题情境紧密度不足、缺乏问题的探究性和开放性。而这种差距将会在后续的高考命题中有所探索和突破。未来在终端评价中不会对必修和选修模块进行刻意区分,实验题在分值占比、考查内容和考查形式上都会发生改变,这些改变将基于评价新体系的要求和新课标中对实验能力水平的新界定。作为一线中学教师尤其是面对第一届新高考的高三教师,在缺少参照物的现状下,应深刻认识课改文件的重要性,既抓微观的解题技巧,更要关注宏观的政策变化。

#### 3.2 重视教育部《实验意见》要求,依托现代新兴科技改善实验教学质量

中学物理教育要引领学生体会科技的力量,培养探索自然的兴趣,实现立德树人的目标。实验教学是让学生和现代科技接触的重要平台。教育部于 2019 年发布《关于加强和改进中小学实验教学的意见》,目的是要扭转忽视实验教学的倾向,鼓励将科技前沿知识和最新技术成果融入实验教学,在课标基础上丰富实验内容,改进方式,强化学生实践操作和情境体验。因此,学校要整合校内资源,创造更好的实验条件,对老、旧仪器及时更换,对传感器等新兴器材积极引进;建设学科功能教室、创新实验室等。教师要重视实验教学,依托已有实验资源,在完成课标要求的实验基础上,积极构建对学生实验能力和创新思维培养有积极作用的校本实验课程。

#### 3.3 重视高考评价新体系下能力群结构内涵,提高物理实验教学的能力目标性

在教学活动中,我们更熟悉并关注的是内容目标,而对能力目标关注较少。表 2 中,我们根据目标分类法对实验探究四个环节对应的能力水平进行了界定,发现江苏卷对实验能力的考查不够全面,而高考评价新体系提出将设计能力、动手操作能力作为自然科学学科中实验操作能力考查的重点,而“评

价”和“创造”能力属于新考查范畴。学生能否用准确的语言对实验结果进行评价、对实验方案进行再设计,也是在实验教学中需要加强的方面。因此,教师应在完成内容目标的同时关注学生能力目标的达成情况,根据班级实际情况对学生基本水平进行划分、进行梯田式培养,针对基础较弱的学生着重培养其应用分析能力而针对优等生更应关注评价和创造能力的达成度,这样才能有目标、有侧重地提升班级实验能力的整体水平。

#### 3.4 重视实验复习的前瞻性研究,提高情境新颖化下实验问题解决质量

实验情境是给考生完成操作任务和体现能力的思维活动提供一个平台,好的实验情境应该和每一个设问深度融合,这些年高考命题也做了一些尝试,但从图 1、图 2 来看还有改进空间。我们推测未来高考实验题的情境将会在新颖、鲜明、干净、真实、亲切、地道的基础上注重设问和情境的联系程度,看不懂情境的同学可能连基本分都很难拿到。为了有效应对这一变化,需在完成教材实验基础上对原实验进行创新。建议教师可根据历年试题,整合出新颖的实验探究专题,让学生在实验室进行研究,这样能减少在考试中遇到新情境时的陌生感。另外,我们还可利用计算机开发出优质、新颖的仿真实验,让学生通过模拟实验进行数据处理和误差分析。

总之,在高考评价新体系“一核、四层、四翼”的框架下,未来高考实验题将逐步增强探究性和开放性,加强对实验真实技能的有效考查。一线教师应该从理念认识和教学行为方面尽早转变,及时应对,使物理实验成为培养学生创新精神和实践能力的重要载体。

#### 参考文献

- [1] 教育部. 普通高中物理课程标准(实验)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2003.
- [2] 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, 2018.
- [3] 教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019.
- [4] 程社宏, 程力. 核心素养视角下的高考物理实验考查研究[J]. 物理教学, 2018(6): 57—61.
- [5] 黄红波. 基于核心素养的物理实验探究测评框架探索[J]. 物理教师, 2018(1).
- [6] 宋亚杰, 胡雨宸. 2008—2017 年江苏高考物理卷情境化试题研究及启示[J]. 物理教师, 2018(1).
- [7] 柳博. 预估难度——一种自学考试的试题难度确定方法[J]. 中国考试, 2007(7): 29—34.