

## 2021年 高考物理试题中科学推理能力考查的定量分析\*

夏旭 姜玉梅 柏杨 叶晓山 郑吴凡

(扬州大学物理科学与技术学院 江苏扬州 225000)

(收稿日期:2021-09-16)

**摘要:**学生科学推理能力的培养是物理学育人价值的重要体现,因此,对学生的科学推理能力水平的评价就显得尤为重要.从考查学生科学推理能力的试题入手,对2021年高考全国甲卷、全国乙卷以及广东、湖南、河北自主命题试卷进行定量分析.

**关键词:**科学推理能力 高考物理试题 定量分析

科学推理能力(Scientific Reasoning Ability)是物理学科核心素养关键能力的重要组成,对学生的未来发展影响深远.本研究基于Lawson教授建立的科学推理体系<sup>[1]</sup>,结合物理学科特色,确定了科学推理的7种推理类型:守恒推理、比例推理、控制变量推理、因果推理、相关推理、假设演绎推理、概率推理.根据这7种推理类型,对高考物理试题进行研究.

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

2021年高考全国甲卷、乙卷以及广东、湖南、河北3个省份自主命题的物理试卷.

### 1.2 研究方法

根据上述科学推理的7种类型的概念及对应的

思维过程,筛选出高考物理试题中涉及科学推理能力的试题.以最小试题编号为单位,统计科学推理试题分值占试卷总分数的比例.整理考查不同推理类型的试题并统计其数量与分值,考虑到部分试题可能同时考查学生多种推理类型,将这类试题的总分按照推理类型的数目平均分配.计算出各种推理类型试题占考查科学推理能力试题总分数的比例.最后,结合这5套试卷整理出不同推理类型考查的知识点<sup>[2]</sup>.

## 2 结果与分析

### 2.1 各高考卷考查科学推理能力试题的占比

统计各份试卷中考查科学推理能力试题的分值,并计算其在试卷总分中的占比,结果如表1所示.

表1 2021年高考物理试题考查科学推理能力的分值占比

试卷	全国甲卷	全国乙卷	广东卷	湖南卷	河北卷	平均
比值占比/%	49.10	36.40	35	44	39	40.7

可以看到2021年高考中,这5份试卷对科学推理能力考查的比例有所不同,平均考查比例在40%左右.可以看到全国甲卷考查科学推理能力的试题

占比最高,试卷在侧重基础性和综合性的同时,要求学生能够在常规的情景下,通过类比等思维方法找到物理量间的关联进而解题.广东、湖南、河北卷题

\* 扬州大学2020研究生教育教学改革研究与实践课题“物理教育专业研究生实践创新能力培养的研究与实践”的研究成果,课题编号:JGLX2020\_006

作者简介:夏旭(1997-),男,在读硕士研究生,研究方向为学科物理教学.

通讯作者:姜玉梅(1963-),女,教授,主要从事大学物理教学工作.

型设置相同,相对来说广东卷侧重基础,加强了物理知识与生产、生活、科技的结合,强化学生运用基础知识解决问题的能力,对科学推理能力考查略少.全国乙卷、湖南卷、河北卷科学推理试题在40%左右.由此可以看出,整体上高考普遍关注学生的科学推理能力,但是不同地区对学生的科学推理能力的考

查有差异.

## 2.2 各推理类型考查分值占比情况

将5套试卷考查科学推理能力的试题分值相加作为整体,分别统计7种推理类型试题的分值与整体的比例,结果如表2所示.

表2 2021年高考物理考查科学推理能力的试题中各推理类型占比

科学推理	守恒推理	比例推理	控制变量推理	因果推理	相关推理	假设演绎推理	概率推理
试题分值占比/%	21.70	48.10	0.90	14.60	11.30	0.90	1.90

比例推理在有关科学推理的试题中占比最高,达到了48.1%.在高中物理中比例推理主要是考查学生能否根据物理规律的比例关系从已知条件推导未知量.比如在天体运动中根据万有引力提供向心力的关系,推导绕行天体运行速度与轨道半径之间的关系.考查控制变量推理和假设演绎推理最少,控制变量推理仅在导体的电阻定律中有所涉及,而假设演绎推理仅在故障电路分析时考查到.

另外,有关概率推理试题的占比也较少,主要是结合气体动理论的知识进行考查.因果推理和相关推理占比不高,但是涉及的题目是比较综合比较复杂的.因果推理需要学生根据条件运用物理规律逐步推理完成一条完整的推理链得到所要求的量.这

里可能包括从因到果,由果溯因等推理过程.相关推理重点考查学生透过现象看本质的能力,需要学生通过发现内在的相关性进行推理,主要包括类比、对称等思维过程.守恒推理占比第二高,其重要性不言而喻.守恒推理在试题中主要考查学生能否以守恒的思维,从能量守恒、动量守恒等出发思考并解决问题.

另外,以试卷中最大的试题编号为单位,整理各推理类型的试题数目,并用雷达图的形式呈现.考虑到全国甲卷、全国乙卷题型题量分值相同,将这两个地区的试卷对比分析.广东、湖南、河北卷题型题量分值相同,则将这3个地区对比研究,结果如图1所示.

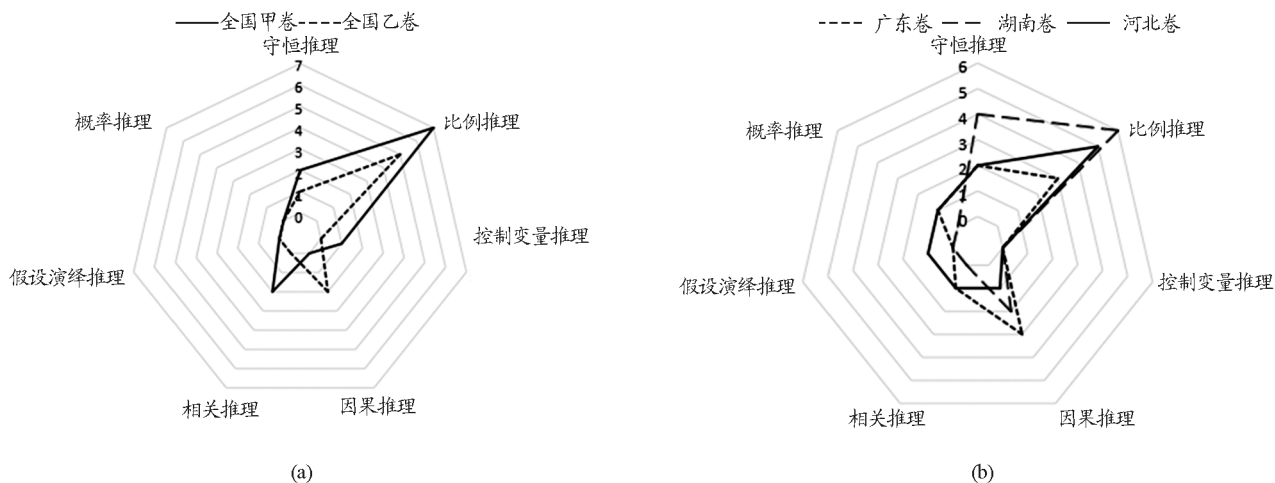


图1 2021年高考物理考查各类型科学推理的试题数目

内环代表的数目是零,越往外环该推理类型的试题数目越大.不难看出全国甲卷、全国乙卷总体上对各推理类型考查是不平衡的,都注重对学生比例推理能力的考查,也都没有涉及假设演绎推理能力

的考查.另外,全国甲卷更重视学生对相关性的思考,而全国乙卷侧重学生的因果推理能力的考查.

在自主命题试卷中,可以看到河北卷对科学推理的不同类型考查相对全面,仅仅没有涉及控制变

量推理.

广东卷和湖南卷都没有涉及假设演绎推理,其中湖南卷对比例推理和守恒推理的考查较多,而广东卷更关注学生的因果推理能力.总体来看,自主命题试卷的雷达图相对更饱满,又因为自主命题试卷

题量少,所以自主命题的试卷对科学推理能力的考查较全国卷更全面.

### 2.3 不同推理类型考查知识点的分布

对所有有关科学推理能力考查的试题进行分析,罗列出涉及的知识点,结果如表3所示.

表3 2021年高考物理试题科学推理各类型考查知识点的分布情况

科学推理	知识点
守恒推理	原子核衰变(4)、机械能守恒定律(4)、动量守恒(5)、能量守恒
比例推理	牛顿运动定律(3)、开普勒第三定律、电阻定律、电功率、气体状态方程、带电粒子在磁场中的运动、半衰期(3)、万有引力定律的应用(3)、动能定理的应用、气体实验定律(3)、理想变压器(3)、匀变速直线运动图像、平抛运动、闭合电路欧姆定律、机械能守恒定律
控制变量推理	电阻定律
因果推理	电场的性质、电磁感应(2)、电路动态分析(2)、理想气体动态分析(3)
相关推理	磁场叠加、类平抛运动、平抛运动、电场叠加
假设演绎推理	电路故障分析
概率推理	气体分子速率分布规律(2)

注:表中括号内数字表示考查次数.

从表3中可以看到,高考在对控制变量推理和假设演绎推理进行考查时涉及的知识点最少,分别是电阻定律和电路故障分析.同时,对于学生概率推理能力的考查也相对单一,一般与气体分子速率分布规律结合考查.相关推理的考点相对分散,主要是在叠加场和类平抛运动中考查.因果推理在高考中一般是通过让学生分析动态过程来考查的,比如电路动态分析和理想气体动态分析.对于守恒推理来说,知识点就比较固定,主要是原子核的衰变以及能量守恒、动量守恒.作为试题中考查最多的比例推理,这部分试题涉及的知识点是很多的,但是也会有万有引力定律的应用、理想变压器等常考内容.

## 3 讨论与建议

通过对2021年5套高考物理试卷的分析,发现考查科学推理能力的试题平均占比在40%左右,不难看出高考普遍关注对学生科学推理能力的考查.因此,教师应该在日常教学中重视对学生科学推理能力的培养,根据上述分析结果,提出以下建议:

### 3.1 关注推理思维 渗透学科素养

参考皮亚杰认知发展理论,高中的学生处于形

式运算阶段之后,各项推理能力已经具备,正经历着科学推理能力进一步提升的阶段,也是学生分析、处理问题能力提升的关键期<sup>[3]</sup>.因此,教师应该在日常教学中关注学生推理思维的发展,针对不同课型引导学生通过推理完成预定目标.例如,可以在新授课上预设关于新概念的推理任务,并基于先修知识设置环环相扣的推理问题,不断启发引导学生完成新知的建构过程<sup>[4]</sup>.推理综合涉及信息提取与问题表征、推理机制的选取与应用、推理任务的完成与检验.学生经历完整的科学推理的思维过程能够调整自身思维路径,强化推理思维能力,从而提高学科素养.

### 3.2 善用数理方法 强化比例推理

在考查科学推理能力的试题中,占比最多的是考查比例推理的试题.比例推理侧重考查物理量之间的比例、函数关系,需要学生在熟练掌握几何关系、三角函数、代数运算的基础上,根据物理规律列式得到方程,再凭借函数与方程的思想得到陌生变量之间的关系.同时,图像问题的思考也涉及比例推理的参与,例如在2021年高考湖北卷的实验题中就

(下转第152页)

### 3.4 螺旋桨风扇发动机

螺旋桨风扇发动机由一副螺旋桨和一风扇以及燃气发生器组成. 结合了涡轮风扇发动机的高速性能和涡轮螺旋桨发动机的经济性, 介于二者之间, 也称为桨扇发动机. 桨扇由涡轮驱动, 无涵道外壳, 装有减速器. 它的直径比普通螺旋桨小, 叶片数目也多. 与涡轮螺旋桨发动机相比, 螺旋桨风扇发动机的叶片既薄且宽, 叶形前缘尖锐并带有后掠, 提高了可用速度, 跨声速性能也好得多. 缺点是由于转速较高产生的振动和噪声也较大, 在舒适性上来说不够理想<sup>[5]</sup>. 螺旋桨风扇的发动机结构示意图如图6所示.

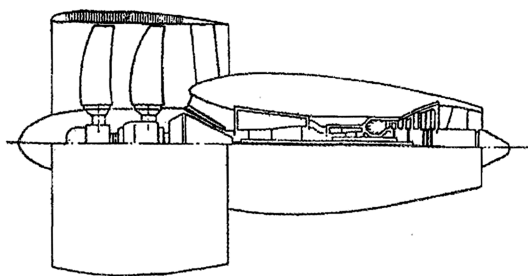


图6 螺旋桨风扇发动机结构示意图

## 4 涡轮喷气发动机与中国航空事业

2001年9月9日, 国产首台涡轮喷气发动机试飞在中国飞行试验研究院圆满完成, 它标志着我国

第一台完全自行设计研制、具有自主知识产权的涡轮喷气发动机诞生了. 从这一天起, 中国成为世界上除美、俄、英、法外第五个可以独立研制高性能航空发动机的国家, 自此我国战机终于有了“中国心”.

然而, 国产航空发动机的发展依然任重道远. 国产C919大飞机是我国航空史上的一次骄人突破, 但C919使用的发动机是CFM公司提供的大涵道比涡轮风扇发动机, 由于CFM公司拒绝技术转让, 中国航空发动机公司选择自主研发长江发动机CJ1000作为预备发动机, 并于2018年在上海点火成功, 预计在2023年左右可以实现量产.

### 参考文献

- 1 田大山. 涡轮喷气发动机的诞生[J]. 北京航空航天大学学报, 1986(2): 27 ~ 34
- 2 田大山. 涡轮喷气发动机的发明和发展[J]. 自然辩证法通讯, 1988(5): 58 ~ 64
- 3 刘杰. 浅析四冲程活塞式内燃机工作原理[J]. 内燃机与配件, 2019(5): 71 ~ 72
- 4 贾玉红. 航空航天概论(第4版)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2017. 146 ~ 147
- 5 黄劲东. 航空涡轮喷气发动机技术发展[J]. 航空动力, 2020(1): 53 ~ 58

(上接第136页)

需要学生根据图像的横纵坐标, 结合物理规律列出方程, 对方程进行形式变换得到关于横轴、纵轴所代表的物理量的函数关系, 再通过图像斜率求解动摩擦因数.

### 3.3 深挖教材内容 夯实理论基础

科学推理是建立在牢固掌握基本概念、规律、方法基础上的, 只有牢固掌握了这些基础知识并达到运用自如的程度, 才能进行有效、正确的科学推理. 为此, 在对科学推理能力试题知识点梳理的基础上, 结合高中物理教科书, 整理出教材中需要科学推理参与的物理概念、规律、方法等. 教师应该在教学中巩固学生的知识基础, 并且有针对性地对蕴含科学推理要素的知识、方法、例题进行强调. 例如, 教师可

以有意识地举例说明某个问题的解决实际上经过了什么样的推理过程, 帮助学生明确科学推理的每一种类型的内涵和思维过程. 这有利于学生熟练掌握科学推理的有关方法和技能, 提高学生科学推理的水平.

### 参考文献

- 1 Lawson AE. The development and validation of a classroom test of formal reasoning[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2010, 15(1): 11 ~ 24
- 2 姜珊, 潘阳. 2020年高考理综卷生物学试题中科学推理能力考查的定量分析[J]. 生物学教学, 46(4): 3
- 3 宋雅娇. 高一物理教学中科学推理能力培养的现状分析及教学策略研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2020
- 4 梁国强. 高中物理情境教学中培养学生科学推理能力的研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2020