

# 2020年高考物理实验数据处理技能的考查特征分析

王芳苏 袁海泉

(苏州大学物理科学与技术学院 江苏 苏州 215006)

(收稿日期:2020-12-10)

**摘要:**对实验数据的处理,得出正确的实验结果和结论,是实验过程的一个重要环节,“处理实验数据”的能力是衡量实验能力的重要指标,因而对物理实验数据处理方式的考查是高考的一个高频考点.对2020年高考物理试题中实验数据处理的考查特征进行探讨,旨在探索新课标下,高考试题考查“处理实验数据”的新动向,有利于提高实验教学的有效性和针对性,并为高考物理实验命题工作提供参考.

**关键词:**高考物理 实验数据处理 特征分析

## 1 实验题的考查要点和数据处理考查方式

实验题历来重视对基本仪器的读数、操作和对作图能力、数据分析处理能力、实验设计能力和探究能力的考查.高考实验题一般以定量实验为主,这就需要对数据进行分析与处理.对实验数据进行分析与处理时,要根据实验原理、要求以及限制条件,对实验现象进行理性的分析,运用学过的物理知识和有关的数学方法(如解析法、图像法、列表法等)得出合理的结论.许多学生认为所谓的数据处理不过是对实验取得的数据进行计算,最后得出一个实验结

果和实验规律而已.其实不然,数据处理不单纯是实验后的数学运算问题,而是渗透在从实验设计到实验结果分析的全过程之中,它是物理实验的重要组成部分.

2020年全国高考共有10套试卷,分别是全国卷Ⅰ、全国卷Ⅱ、全国卷Ⅲ、新高考卷Ⅰ(山东使用)、新高考卷Ⅱ(海南使用),北京、天津、上海、浙江、江苏自主命制各一套.不同试卷均有一道力学和一道电学的物理实验题,分值在10~18分的范围内.从分值、考查范围、实验内容、考查要点和数据处理考查形式出发,细致分析可以得到表1.

表1 2020年高考物理实验题考查要点和考查方式

高考卷	题号/分值	考查范围	实验内容	考查要点	数据处理考查形式
全国卷Ⅰ	23/9	力学	验证动量定理	实验操作、数据计算、求误差	数据计算、误差计算
	22/6	电学	伏安法测电阻	图像分析、数据计算	依据图像求电阻
全国卷Ⅱ	23/10	力学	用定滑轮求小球运动的加速度	数据计算、误差分析	数据计算
	22/5	电学	研究小灯泡的伏安特性	连接实物电路图、数据计算、图表分析	数据计算、根据图表计算电阻、根据数据分析误差
全国卷Ⅲ	22/6	力学	验证动能定理	纸带处理、实验原理	处理纸带求速度
	23/9	电学	伏安法研究热敏电阻的阻值随温度的变化关系	作电路图、图表分析、电路分析、数据计算	依据图像求数值、看电路图求数值、数据计算

**作者简介:**王芳苏(1997-),女,在读硕士研究生,研究方向为物理学科教学.

**通讯作者:**袁海泉(1962-),男,副教授,硕士生导师,研究方向为物理教学论.

续表 1

高考卷	题号/分值	考查范围	实验内容	考查要点	数据处理考查形式
新高考卷 I (山东卷)	13/6	力学	测重力加速度	图表分析、数据计算	依据图像求速度、数据计算
	14/8	电学	测量电源的电动势和内阻	误差分析、图表分析、作电路图	依据图像求电阻、根据图表分析误差
新高考卷 II (海南卷)	14(1)/4	力学	用单摆模型求运动周期、用光电门测重力加速度	刻度尺读数、数据计算	根据图像中数据进行计算
	14(2)/6	电学	用已知内阻的电压表测未知电阻	滑动变阻器的接法、连接电路图、描点作图	描点作图、依据图像求电阻
江苏卷	11/10	力学	自由落体求重力加速度	实验器材的选择、实验步骤的选择、图像数据计算	依据图像求重力加速度
	10/8	电学	描绘一种电子元件的 $I-U$ 关系图	连接实物电路、根据数据作图、分析图像、后果分析	根据数据作 $I-U$ 图
北京卷	15/9	力学	探究加速度与物体受力、物体质量的关系	实验条件选择、描点作图、实验操作选择	看表格描点作图
	16/9	电学	测电源的电动势和内阻	实验原理、图像分析、误差分析	根据表格分析误差
天津卷	9(1)/6	力学	测量平抛运动的初速度	实验操作选择、纸带计算、器材的作用分析	纸带数据处理
	9(2)/6	电学	测量电池组的电动势和内阻	电路错误分析、实验操作、图像分析	依据图像分析求电动势和内阻
浙江卷	17/7	力学	探究加速度与力、质量的关系	纸带处理、方案选择、误差分析、图表分析	处理纸带求速度、根据数据找实验过程的不足
	18/7	电学	测量干电池的电动势和电阻	电表读数、作电路图、图表分析、数据处理	依据图像求电动势和内阻、根据图像判断实验条件
上海卷	18/10	力学	用 DIS 验证机械能守恒定律	实验器材的作用、实验现象的成因、图表分析	依据图像求重力势能和摆长

由表 1 可见,实验题的考查范围集中在课程标准中要求的实验内容,力学以运动学实验为主,电学的考查则以伏安法测电阻的实验为主.总体难度适中,数据处理为考查的重点,符合《考试说明》中明确提出“会记录、处理实验数据,并得出结论,对结论进行分析和评价”的要求,数据处理已经成为实验题的必考部分.

## 2 物理实验题数据处理技能的考查特征

### 2.1 由实验结果数据推断实验条件和实验方案增加了实验的综合性和创新性

实验结果有多种表现形式,大多数以表格的方式展现丰富的实验数据,也会以图像的方式展示各因素之间的函数关系.对实验结果数据的分析是科学探究过程中的重要环节,这些实验结果数据是形

成结论的根据,也正是科学探究能力中“证据”要素的体现.2020年实验试题就考查了从实验结果的误差、图像角度选择实验方案和实验条件,与具体的实验情境相结合,评价学生的推理能力、图像分析能力、有效数据提取能力,增加了实验的综合性和创新性.

图像具有形象、直观反映物理量间的变化规律等特点,图像的斜率、截距、横纵坐标、交点甚至面积都有一定的物理意义,图像的描绘、从图像中获取、发现有用的信息进而求解相应物理量是高中学生应具备的基本能力.依据实验结果数据的图像设计新的实验方案,是数据处理技能考查的一条路径.如全国卷 III 第 23 题(图 1 所示),用伏安法研究热敏电阻阻值随温度的变化关系,考查了数据计算和读取图像数据的能力,新颖点在于利用热敏电阻做报警器,

用  $R-t$  图像中的数据推理报警器中热敏电阻所处的位置,并求出另一个定值电阻的阻值.考查的是利用实验结果设计实验方案和选择实验条件.再如上海卷第8题,验证机械能守恒定律的实验中,得到了  $E_k-\theta$  图,由结果数据进行推理得到摆长.还有全国卷 I 第22题,考查伏安法测电阻的实验,需要根据实验所得的  $U-I$  图像,由直线斜率去推断实验的电路连接方式(“外接法”“内接法”),从实验结果的误差考虑实验方案的选择.

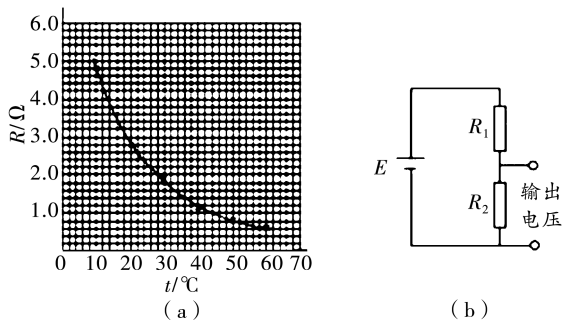


图1 高考全国卷Ⅲ第23题题图

除了依据实验结果的误差和图像考查实验方案的选择外,还考查了由实验结果数据推断实验条件.如全国卷Ⅲ第22题验证动能定理实验,通过对纸带的数据处理得到速度,再反向推理需要的其他实验条件,山东卷第14题对“测量电源电动势和内阻”的实验方案进行考查,将得到的数据描点、作图,通过实验结果推理所选择的定值电阻.浙江卷也在第18题测量干电池的电动势和内阻,对实验结果的直线进行分析,选择对应的实验方案,并依据图像求出电动势和内阻.

## 2.2 由实验结果数据考查实验误差 增加了实验的系统性和科学性

实验误差存在于实验过程,对实验误差的分析是准确完成实验必不可少的能力.通过对实验数据的误差分析,可以判断实验结果是否真实地反映了实验规律.误差分析也是实验题的常考点,从得到的实验结果数据出发,进行实验误差的分析,能够培养学生实事求是的科学精神,有利于学生探究能力的提升,增加了实验的系统性和科学性.2020年在此方面考查了7次,如全国卷 I 第22题用  $U-I$  图像(图2)进行误差分析,对比两条直线之间的差异求出待测电阻并计算系统误差;第23题用实验条件求实验结果和相对误差.再如全国卷Ⅱ第22题,求定

滑轮一侧小球的加速度,用运动学公式和牛顿第二定律求出实验结果,对比两个实验结果的差异,得到产生系统误差的原因.在新高考卷 I (山东卷)第14题第1小题、江苏卷第10题第4小题、北京卷第16题第2小题中也有类似考查.

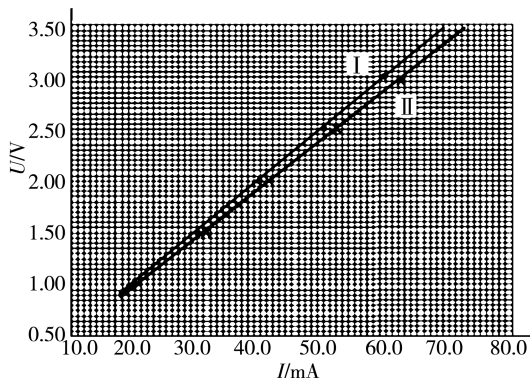


图2 高考全国卷 I 第22题题图

## 2.3 由实验条件数据考查仪器选择和方案设计 引导关注实验过程和背景

高考实验题以定量实验为主,实验仪器的选择、实验方案的设计经常要以定量数据为依据.一般为了完成一个物理实验,必然受到实验条件和实验结果的制约,这些制约往往以具体的数据形式出现,对这些实验条件的准确把握和理解,是完成实验的首要条件,也成为高考的一个常考点.根据实验仪器的相关数据,运用物理规律和实验要求,分析相关数据,选取合理的实验仪器以及连接方式,是设计性试验必备的能力.

实验条件数据不仅考查对实验原理和要求的准确把握,还将数据与仪器、方案相关联,考查数据计算、推理和分析能力.如例1天津卷第9题第2小题,测量电源电动势和内电阻,通过实验条件数据的推理选择合适的实验方案,引导学生关注实验背景,对实验的原理准确把握.

**【例1】**(2020年高考天津卷第9题)(2)某实验小组选用以下器材测定电池组的电动势和内阻,要求测量结果尽量准确.

- 电压表 (量程  $0\sim 3\text{ V}$ , 内阻约为  $3\text{ k}\Omega$ )
- 电流表 (量程  $0\sim 0.6\text{ A}$ , 内阻约为  $1\ \Omega$ )
- 滑动变阻器 ( $0\sim 20\ \Omega$ , 额定电流  $1\text{ A}$ )
- 待测电池组 (电动势约为  $3\text{ V}$ , 内阻约为  $1\ \Omega$ )
- 开关、导线若干

①该小组连接的实物电路如图所示(图3),经

仔细检查,发现电路中有一条导线连接不当,这条导线对应的编号是\_\_\_\_\_.

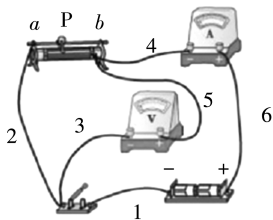


图3 2020年高考天津卷第9题图

再如全国卷Ⅲ第23题,根据题目给的实验条件数据,在所给的器材符号之间画出连线,组成测量电路图,引导学生对实验过程的重视.还有全国卷Ⅰ第22题,山东卷第12题中也有类似的考查.

#### 2.4 由实验条件数据推算实验结果 注重实验原理和方法的理解与迁移

科学规律只有经得起实验验证才具有普遍性,这就依赖于实验数据的科学处理,才能使规律验证的过程更具有说服力.由已知的实验条件数据推算实验结果是今年高考实验题中突出的考查方式,推算中注重实验原理和方法的理解与迁移,体现了核心素养中科学推理、科学论证要素和证据意识的考查.

例如全国卷Ⅰ第23题验证动量定理,运用了题干给的实验条件推理冲量和动量变化的关系,并求出相应结果和实验误差.还有全国卷Ⅱ第23题研究小灯泡的伏安特性,根据电路图写出小灯泡两端的电压和电流代数式,运用题干中的实验条件数据求出小灯泡的安全电流并计算灯丝的电阻,题目的新颖处在于用实验条件数据推理出能够测量完整的伏安特性曲线的最小电阻值.

【例2】(2020年高考全国卷Ⅱ第23题)(3)实验时,调节滑动变阻器,使开关闭合后两电流表的示数为零.逐次改变滑动变阻器滑片位置并读取相应的 $I_1$ 和 $I_2$ .所得实验数据在表2中给出.

表2  $I_1$ 和 $I_2$ 实验数据

$I_1$ /mA	32	55	85	125	144	173
$I_2$ /mA	171	229	299	379	424	470

根据实验数据可算得,当 $I_1=173$  mA时,灯丝电阻 $R=$ \_\_\_\_\_  $\Omega$ (保留1位小数).

如果用另一个电阻替代定值电阻,其他不变,为了能够测量完整的伏安特性曲线,所用电阻的阻值不能小于\_\_\_\_\_  $\Omega$ (保留1位小数).

### 3 对教学的建议

#### 3.1 实验习题教学应联系真实的实验情境

传统实验习题中设计性的实验情境较多,教学往往注重演算,而缺少描述和抽象的过程,对物理现象和物理事实把握不够.实验试题改革的方向之一,就是依据真实的实验情境对学生的实验能力进行全面而系统的考查.2020年高考物理实验试题体现了这一方向,这就要求实验习题教学应在真实的情境中进行,重视学生与物理现象的多向性交互作用,以保证学生在真实情境中强化知识的建构.具体到教学上,教师可以通过演示实验创设有效的真实情境,带领学生进入情境,得到客观真实数据,引导他们找到物理规律.

#### 3.2 加强实验过程体验

《考试大纲的说明》要求“加强实验操作技能的考查,将亲手做过实验与没有做过实验的考生区分出来;加强对实验原理及实验分析能力的考查,将做过实验并深入思考实验的考生与做了实验但不思考的考生区分开来;加强对实验全过程整体思考的考查,把基于实验原理的实验设计、实验操作、实验数据处理以及实验结果分析的内在逻辑考查出来”,这就要求高考评价必须基于核心素养进行实验考查.物理实验题是高考中最具活力和创造性的题型,现行课标规定了21个学生必做实验,涵盖了全部的实验类型(即观察性实验、测量性实验、验证性实验、探究性实验、设计性实验).不同类型的实验,对学生的能力要求不一样,只有学生亲自动手做实验,充分体验实验过程,关注实验操作中的细节,深入理解实验原理和规律,掌握数据处理的技能,才能够更好地、循序渐进地提升实验能力.实验教学是发展学生核心素养的重要载体,我们应该把培养学生的实验能力、促进学生终身发展作为实验教学的出发点和落脚点.

#### 3.3 关注实验问题解决中的逻辑推理能力训练

今年高考物理实验题不仅重视课本实验,而且要求对实验的原理规律、操作步骤、误差来源等充分理解和掌握,以核心素养为依据,对21个必做实验进行创新和改进,考查考生的综合分析能力,培养学生模型建构和科学推理的学科素养.由“果”寻“因”,知“因”问“果”已成了数据处理的主要考查方式,无



# 卫星发射场与火箭燃料消耗

吴迪青

(余姚市陆埠中学 浙江 宁波 315400)

(收稿日期:2020-12-02)

**摘要:**解决中学物理中两个极易犯错的卫星发射问题,第一,利用地球自转,低纬度卫星发射场节约火箭燃料,似乎是人们的共识,但事实是火箭燃料消耗与发射卫星的轨道有关,极地卫星在低纬度发射场发射反而更消耗火箭燃料;第二,按能量关系,卫星发射消耗的燃料似乎与发射方向无关,但事实是卫星发射消耗的燃料与发射方向有千丝万缕的关系.

**关键词:**线速度 角动量守恒 轨道平面 燃料消耗 发射场 临界点

2020年11月24日中国载人航天传来让国人热血沸腾的消息,当日4时30分,中国文昌航天发射场,用长征五号遥五运载火箭成功发射探月工程嫦娥五号探测器,顺利将探测器送入预定轨道.这是负责嫦娥三期工程“采样返回”任务的中国首颗地月采样往返探测器,也是“绕,落,回”中的第三步,具有极为重要的意义.“探月飞船”这个词似乎是美欧宇航局的专利,现在,随着嫦娥五号的发射,这将成为历史,中国航天再一次让世界瞩目.卫星的发射离不开“宝贵”的燃料消耗,这个宝贵不是说燃料有多贵,而是在火箭有限的载荷下带上足够的燃料,尤其

是深空探索,所以,发射场的选择和建设显得尤为重要.

## 1 火箭燃料消耗

火箭燃料消耗主要用于卫星动能增加、地球动能增加及卫星势能增加(为分析问题方便火箭质量、燃料自身质量及大气阻力等不予考虑),为了节约火箭燃料,要充分利用地球自转动能,所以,建设低纬度卫星发射场是必须的,例如,我们国家新建的海南文昌卫星发射场,是一个低纬度的卫星发射场,与酒泉相比有比较大的优势.

论是从结果出发去寻根溯源,还是顺着研究方向去知因问果,都离不开数据在其中的作用.数据以“因”的面貌出现,要求学生寻找线索,在数据中找到突破点,考查创新思维和运用物理知识综合分析能力.数据可以以“果”的形式出现在表格、图像和题干中,在考查求异思维和发散思维方面有其独特的功能,不仅回避已学过的现成实验,而且又恰到好处地考查了考生在迁移、回归和发散的思维过程中见异求同,见同求异的能力.因此,实验教学必须关注实验问题解决中的逻辑推理能力训练,这样的训练有利于培养学生分析解决实际问题的能力,提高学生的综合素养.

## 参考文献

1 张萍,胡小波.近6年江苏高考物理电学实验题命题特点研究[J].实验教学与仪器,2020,37(5):17~20

2 孟拥军.百花齐放引领潮流——2012年高考物理实验题分析与思考[J].物理教师,2012(11):62~64

3 周将军,王翔.2014年高考物理实验题的统计分析及启示[J].教育测量与评价(理论版),2014(9):59~64

4 王良.高考物理实验复习应回归何处——近3年浙江省高考物理实验题的分析与思考[J].实验教学与仪器,2016,33(1):7~9

5 蓝坤彦,肖珍,褚伟.盘点2012年高考试题中对实验数据考查的方式[J].物理教师,2013,34(6):79~84

6 史磊,吕良.追线求索知因问果——谈高考物理实验复习[J].中学物理(高中版),2018,36(5):57~58

7 张丹彤.从理想回归真实——高考物理题背景真实化倾向对高中物理习题设计的启示[J].物理教师,2013,34(6):77~79

8 游晓明.近几年高考物理实验考查分析及复习策略探讨[J].物理教师,2013,34(4):71~72