

物理

# 电学实验复习策略

## ——以“测量电源的电动势及内电阻”实验为例

北京市第一七一中学教师 时子豪

物理实验是物理学的基础,电学实验不仅是物理实验的重点,也是物理实验的难点。纵观北京市近几年高考物理关于电学实验的考查,不仅在实验题中,在选择题和计算题中也融入了很多电学演示实验和学生实验,这也说明电学实验在高中阶段对培养学生实验能力及科学探究素养有着重要意义。那么,在高三如何做好电学实验的复习以达到提升实验能力的目标呢?下面以北京等级考中高频出现的电学实验“测量电源的电动势及内电阻”为例,谈一谈电学实验复习的策略。

### 一、试题重现

例1(2016年北京理综第19题)

某兴趣小组探究用不同方法测定干电池的电动势和内阻,他们提出的实验方案中有如下四种器材组合。为使实验结果尽可能准确,最不可取的一组器材是\_\_\_\_\_

- A. 一个安培表、一个伏特表和一个滑动变阻器
- B. 一个伏特表和多个定值电阻
- C. 一个安培表和一个电阻箱
- D. 两个安培表和一个滑动变阻器

#### 【试题分析】

本题主要涉及科学探究的素养考查,即要求考生应具备设计实验方案的能力,并可以对所设计的实验方案进行分析、解释、探究。考生首先要熟悉基本电学器材的功能与使用方法,其次需要深入理解闭合电路欧姆定律的各种表达形式,进而依据原理组合实验器材,完成探究任务。本题源于教材,教材介绍了多种实验方案,包括伏安法(VA法)、伏电阻箱法(VR法)和安电阻箱法(AR法),并让学生进行实际操作、测量。

#### 【参考答案】D

例2(2020年北京等级考第16题)

用图1所示的甲、乙两种方法测量某电源的电动势和内阻(约为 $1\Omega$ )。其中R为电阻箱,电流表的内电阻约为 $0.1\Omega$ ,电压表的内电阻约为 $3k\Omega$ 。

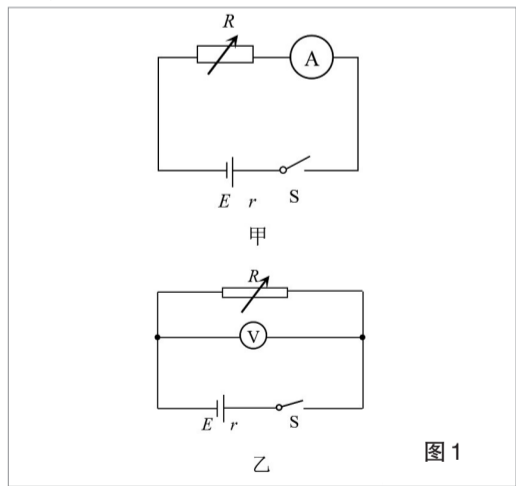


图1

(1)利用图1中甲图实验电路测电源的电动势E和内电阻r,所测量的实际是图2中虚线框所示“等效电源”的电动势 $E'$ 和内电阻 $r'$ 。若电流表内电阻用 $R_A$ 表示,请你用E、r和 $R_A$ 表示出 $E'$ 、 $r'$ ,并简要说明理由。

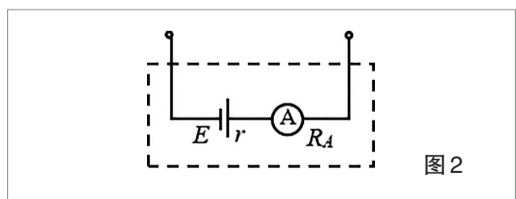


图2

(2)某同学利用图像分析甲、乙两种方法中由电表内电阻引起的实验误差。在图3中,实线是根据实验数据(图甲: $U=IR$ ,图乙: $I=\frac{U}{R}$ )描点作图得到的U-I图像;虚线是该电源的路端电压U随电流I变化的U-I图像(没

有电表内电阻影响的理想情况)。

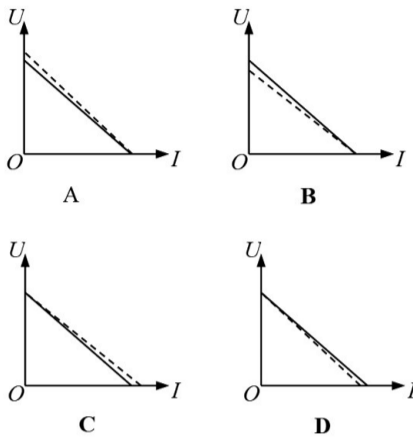


图3

在图3中,对应图甲电路分析的U-I图像是:\_\_\_\_\_ ; 对应图乙电路分析的U-I图像是:\_\_\_\_\_。

(3)综合上述分析,为了减小由电表内电阻引起的实验误差,本实验应选择图1中的\_\_\_\_\_ (填“甲”或“乙”)。

#### 【试题分析】

本题主要涉及科学思维和科学探究两方面的素养考查,先提出多种实验方案,再通过模型构建、科学推理、科学论证最终选择最佳测量方案,使考生依托证据理解物理问题的科学本质。

第(1)问考查了考生对于“等效电源”的模型构建能力,通过题目给出的信息,根据闭合电路欧姆定律的两种特殊情况,即断路和短路,构建虚线框中的“等效电源”的模型,进而推导出“等效电源”的电动势和内电阻,即 $E_{测}$ 和 $r_{测}$ 。

第(2)问考查了考生在构建“等效电源”模型基础上的科学推理,类比第(1)问推导出图乙“等效电源”的电动势和内电阻。根据图像法画出“等效电源”和理想情况下的路端电压U和电流I的函数关系图像,并进行图像的选择。

第(3)问考查了考生对“等效电源”模型的科学论证,并给出结论。在前两问的基础上,对于实际的电源,通过计算实验的相对误差科学论证和评估两种方案的优劣,并选择最佳的实验方案进行测量。

#### 【参考答案】

(1) $E'=E$ 、 $r'=r+R_A$ 。断路时“等效电源”路端电压的数值等于其电动势,短路时短路电流 $I=\frac{E'}{r'}=\frac{E}{r+R_A}$ 。

(2)C A (3)乙

### 二、从命题角度思考

仔细研究北京高考的电学实验,考生可发现试题都极具北京特色。以上案例可见北京高考试题在电学实验考查中的一些显著特点:

#### 1. 注重对基本实验的考查,以鉴别考生是否达到了实验能力的基础要求

北京高考电学实验均来源于教材中的学生实验,突出对考生实验能力各个方面考查。试题都是通过多个小题,从多个角度考查考生的实验能力,包括考查考生对实验原理和方法的掌握;在实验中是否能够正确使用仪器,是否会观察、分析实验现象,会记录、处理实验数据,并得出准确结论;强化对学生误差分析和处理能力的考查;是否能灵活地运用已学过的理论、方法和仪器去解决相关的实验问题。

#### 2. 侧重对实验数据的处理能力及实验过程中思维能力的考查,以鉴别考生是否具备主动应用科学方法和科学思维解决问题的核心素养

北京高考电学实验部分对考生能力和核心素养的考查并不仅限于基本实验能力,而是以实验问题为载体,同时对

与实验相关的物理知识、思想方法,考生的理解、推理、应用能力及科学思维等核心素养进行全面考查。

#### 3. 加强对考生设计性实验和探究性实验的考查,以鉴别考生是否具备实验能力较高要求

新教材、新高考对物理实验的较高能力要求是考生能够依据已有资源,设计简单实验,组合实验器材,拟定实验步骤,探究所要解决的问题。同时在试题中还要求考生真正理解和掌握实验原理的内涵和外延,强化学生分析问题的能力,学会如何在新情境和新材料中提取物理信息,应用物理基础知识来解决新的问题。电学实验本身的创新和综合的亮点很多,考查考生对实验的衍生和拓展及探究能力也是北京市实验命题的显著特点。

### 三、电学实验复习策略

#### 1. 落实电学实验的基本知识和方法

(1)考生要了解基本仪器的主要性能和使用方法,能够根据需要合理选择和正确使用基本仪器。在中学电学实验中,常用的测量仪器是电流表、电压表、灵敏电流计和多用电表等,使用时一般要做到:知道仪器的用途;清楚仪器的量程;了解电表的内阻;清楚仪器的最小分度;知道仪器的读数方法;会调整零点等。

(2)理解实验原理和方法。北京高考实验题来源于教材,因此真正理解电学实验的原理和方法是考生提高高考实验设计能力、探究能力和分析能力的关键。电学实验的实验原理主要是运用直流电路的相关理论,如电阻定律、电阻的串并联特点、部分电路欧姆定律、闭合电路欧姆定律、电功率概念等;电学实验涉及的方法有很多,如控制变量法、等效法、转换法、伏安法、比较法、估算法、半偏法等。考生在认真复习的基础上理解和掌握这些规律和方法是圆满完成实验的保证,同时也为今后实验的变式、延伸提供了可能。

(3)考生要会分析和处理实验数据,对实验结果进行描述和解释,会对误差进行初步分析和讨论,评价实验结论。

考生要熟练运用列表法、公式法、图像法等方法。图像法在近几年北京高考中频频出现,并体现出考查基础又体现发展的特点,因此,建议考生在实验复习中适当加强用图像处理实验数据的基本思想指导,学习处理实验中的数据点,加强基本方法的训练。

电学实验对实验结论的分析主要是分析系统误差,这也是复习的难点。分析系统误差一般包括三个方面:一是会分析实验误差的来源;二是比较实验结果的测量值与真实值的关系;三是会减小实验误差的方法。分析系统误差的关键不仅要理解实验原理,还要对电路的连接、测量仪器的特点等有全面认识。误差的分析是实验能力中的难点部分,对学生推理能力的要求较高,在复习中,学生要踊跃参与讨论,真正理解不同实验、不同连接方法误差的来源、测量值与真实值的关系及减小误差的方法,以免混淆。

#### 2. 强化实验能力的迁移和综合应用

高考实验均源于教材,但不拘泥于教材且高于教材,这就要求考生在实验复习中加强对实验知识迁移能力和综合实验能力的提升。一些试题的具体情景与学生分组实验的内容或许有所变化,所给出的实验器材与课本安排的实验内容也或许有所不同,这就要求考生在处理具体问题时学会知识和方法的迁移,基于物理核心规律,分析出符合给定情景的实验原理式,从而完成实验电路的设计及实验数据记录和处理。电学实验围绕电阻的测量和电源电动势及内电阻的测量方法很多,考生要利用所学知识大胆设计实验并完成实验设计任务。

复习时,考生还要注意不同电学实验的综合,例如电表的改装可以与伏安法测电阻、测电源的电动势及内电阻相结合,伏安法测电阻的实验与测电源的电动势及内电阻的实验相结合。