



# 高考实验题典型错解分析对 物理实验教学及新高考的启示\*

——以2016年河北省高考理综(全国卷I)实验题为例

于旭堃

(河北师范大学物理科学与信息工程学院 河北 石家庄 050024)

薛文飞

(河北师范大学研究生院 河北 石家庄 050024)

刘英丽 郭芳宏 孟秀兰

(河北师范大学物理科学与信息工程学院 河北 石家庄 050024)

(收稿日期:2017-03-31)

**摘要:**针对2016年高考理综全国卷(I)实验题22和23题河北省考生的作答情况,给出了正解,分析了考生出现的典型错误.考生出现的典型错误有:不理解物理公式的含义;不能灵活运用理论知识解决问题;不理解题意和实验原理;不能正确使用常用的实验仪器;数学计算错误;物理语言概括表述有误等.针对考生的错解情况,提出改革物理实验教学的建议.

**关键词:**高考理综 物理 物理实验能力 错解 启示

近年来高考非常重视物理实验能力的考查,2016年高考理综(全国卷I)第22和23题属于实验类题目,主要考查考生审题能力,知识的灵活运用能力,实验目的、原理的理解能力,处理数据的能力,分析、解决问题的能力及仪器的使用等.这两个实验题满分分别为5分和10分,但河北省考生的满分率并不高,失分较多.下面将梳理第22和23题的正解并分析河北省考生的典型错误,分析考生的错解情况,希望对改进物理实验教学及新高考备考有所启示.

## 1 22题试题分析

### 1.1 第22题原题

**【题目】**某同学用图1(a)所示的实验装置验证机械能守恒定律,其中打点计时器的电源为交流电源,可以使用的频率有20 Hz,30 Hz和40 Hz.打出纸带的一部分如图1(b)所示.

该同学在实验中没有记录交流电的频率 $f$ ,需要用实验数据和其他条件进行推算.

(1)若从打出的纸带可判定重物匀加速下落,

利用 $f$ 和图1(b)中给出的物理量可以写出:在打点计时器打出B点时,重物下落的速度大小为\_\_\_\_\_,打出C点时重物下落的速度大小为\_\_\_\_\_,重物下落的加速度的大小为\_\_\_\_\_.

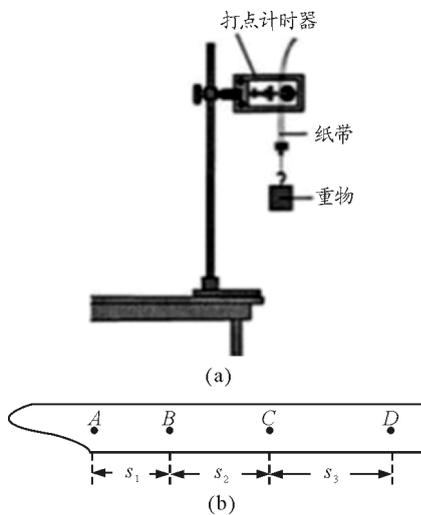


图1 第22题原题图

(2)已测得 $s_1 = 8.89 \text{ cm}$ ,  $s_2 = 9.50 \text{ cm}$ ,  $s_3 = 10.10 \text{ cm}$ ;当重力加速度大小为 $9.80 \text{ m/s}^2$ ,实验中

\* 河北省研究生示范课程建设项目——“基础物理专题研究”及河北师范大学研究生创新项目“初高中物理教学衔接中存在的问题研究”研究成果之一.

重物受到的平均阻力大小约为其重力的1%。由此推算出  $f$  为\_\_\_\_\_ Hz。

## 1.2 试题正确解析

此题主要考查考生对实验数据的处理方法,通过分析纸带数据求解瞬时速度的大小;灵活运用运动学公式或牛顿第二定律求解加速度的大小,进而求得频率的大小。

(1) 求解打点计时器打出  $B$  和  $C$  点时,重物下落的速度  $v_B$  和  $v_C$  的大小。

根据匀变速直线运动的推论,某段时间内的平均速度的大小等于中间时刻的瞬时速度的大小,则分别以  $AC$  和  $BD$  段为研究过程,通过  $\bar{v}_{AC} = v_B$ ,  $\bar{v}_{BD} = v_C$ ,  $T = \frac{1}{f}$ ,求得打点计时器打出  $B$  和  $C$  点时,重物下落的速度  $v_B$  和  $v_C$  的大小,即

$$v_B = \frac{s_1 + s_2}{2T} = \frac{(s_1 + s_2)f}{2} \quad (1)$$

$$v_C = \frac{s_2 + s_3}{2T} = \frac{(s_2 + s_3)f}{2} \quad (2)$$

求重物下落的加速度大小。

**方法一:**匀变速直线运动过程中,速度与时间的关系为  $v = v_0 + at$ ,以  $BC$  段为研究过程,则

$v_C = v_B + aT$ ,将式(1)、(2)代入可得重物下落的加速度大小,即

$$a = \frac{(s_3 - s_1)f^2}{2} \quad (3)$$

**方法二:**将式(1)、(2)及  $T = \frac{1}{f}$  代入匀变速直线运动的速度与位移的关系  $a = \frac{v_C^2 - v_B^2}{2x}$  中计算可得

$$a = \frac{(s_3 - s_1)(s_1 + 2s_2 + s_3)f^2}{8s_2} \quad (4)$$

或者

$$a = \frac{(s_3^2 - s_1^2 + 2s_2s_3 - 2s_1s_2)f^2}{8s_2} \quad (5)$$

(2) 求交流电源的频率。

重物在下落的过程中,重物受到重力和阻力,已知重物受到的平均阻力大小约为其重力的1%,则阻力  $F_f = 0.01mg$ ,根据牛顿第二定律  $F = ma$ ,可得

$$mg - 0.01mg = ma \quad (6)$$

$$a = 0.99g$$

将式(3)代入式(6),得交流电源的频率

$$f = 40 \text{ Hz}$$

## 2 23 题试题分析

### 2.1 第23题原题

**【题目】**现要组装一个由热敏电阻控制的报警系统,当要求热敏电阻的温度达到或超过  $60^\circ\text{C}$  时,系统报警。提供的器材有:热敏电阻,报警器(内阻很小,流过的电流超过  $I_c$  时就会报警),电阻箱(最大阻值为  $999.9\ \Omega$ ),直流电源(输出电压为  $U$ ,内阻不计),滑动变阻器  $R_1$ (最大阻值为  $1\ 000\ \Omega$ ),滑动变阻器  $R_2$ (最大阻值为  $2\ 000\ \Omega$ ),单刀双掷开关一个,导线若干。

在室温下对系统进行调节,已知  $U$  约为  $18\ \text{V}$ ,  $I_c$  约为  $10\ \text{mA}$ ;流过报警器的电流超过  $20\ \text{mA}$  时,报警器可能损坏;该热敏电阻的阻值随温度的升高而减小,在  $60^\circ\text{C}$  时阻值为  $650.0\ \Omega$ 。

(1) 在答题卡上完成待调节的报警系统原理电路图的连线。

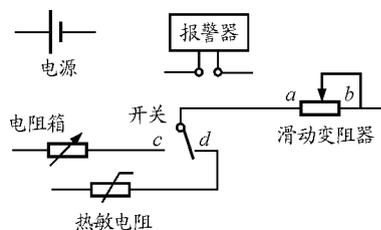


图2 第23题原题图

(2) 在电路中应选用滑动变阻器\_\_\_\_\_ (填“ $R_1$ ”或“ $R_2$ ”)。

(3) 按照下列步骤调节此报警系统

1) 电路接通前,需将电阻箱调到一定的阻值,根据实验要求,这一阻值为\_\_\_\_\_  $\Omega$ ;滑动变阻器的滑片应置于\_\_\_\_\_ (填“ $a$ ”或“ $b$ ”)端附近,不能置于另一端的原因是\_\_\_\_\_。

2) 将开关向(填“ $c$ ”或“ $d$ ”)端闭合,缓慢移动滑动变阻器的滑片,直至\_\_\_\_\_。

(4) 保持滑动变阻器滑片的位置不变,将开关向另一端闭合,报警系统即可正常使用。

### 2.2 试题正确解析

此题主要考查考生对实验目的及原理的理解、审题、电路设计与分析、常用仪器的正确使用、理论

解决实际问题的能力等。

(1) 在该实验中,明确要求能用电阻箱进行校准,所以热敏电阻和电阻箱应该并联,然后再与报警器、滑动变阻器进行串联,利用实验中给的单刀双掷开关控制实验,便可起到报警的作用,正解如图3所示。

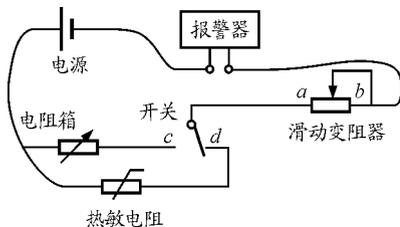


图3 答案电路图

(2) 直流电源的输出电压为 18 V,当流经报警器的电流达到 10 mA 时,报警器就会报警,此时电路的总电阻为

$$R_{\text{总}} = \frac{U_{\text{总}}}{I_{\text{总}}} = \frac{18 \text{ V}}{10 \times 10^{-3} \text{ A}} = 1800 \Omega$$

则滑动变阻器电阻大小  $R_{\text{滑变}} = 1150 \Omega$ 。所以,滑动变阻器应选择  $R_2$ ;

(3)

1) 650.0; b; 接通电源后,流过报警器的电流会超过 20 mA,报警器可能损坏。

2) c, 报警器开始报警。

对(3)中第1小题的正解分析:当热敏电阻的温度达到或超过  $60^\circ\text{C}$  时,系统报警,而此时热敏电阻的阻值为  $650.0 \Omega$ ,故应将电阻箱调到  $650.0 \Omega$ ,然后调节滑动变阻器,直至报警器报警。

如果滑动变阻器的滑片置于 a 端,滑动变阻器并没有连入电路,那么整个电路的总电阻较小,此时,电路的总电流

$$I' = \frac{U_{\text{总}}}{R_{\text{总}}} = \frac{18 \text{ V}}{650 \Omega} \approx 27 \text{ mA} > 20 \text{ mA}$$

则接通电源后,会烧坏报警器,故应将滑动变阻器的滑片置于 b 端,保证报警器和电路的安全使用。

对(3)中第2小题的正解分析:将开关接到 c 端与电阻箱连接,调节滑动变阻器,直至报警器开始报警;然后再接入热敏电阻,电路即可正常工作。

针对该文字表述题,考生作答情况如下也给满分:

当直流电源的输出电压为 18 V,流经报警器的

电流达到 10 mA 时,此时电路的总电阻为

$$R_{\text{总}} = \frac{U_{\text{总}}}{I_{\text{总}}} = \frac{18 \text{ V}}{10 \times 10^{-3} \text{ A}} = 1800 \Omega$$

则

$$R_{\text{滑变}} = R_{\text{总}} - R_{\text{热敏}} = 1150 \Omega$$

所以,如果考生作答“电流超过  $I_c$ ”、“滑动变阻器的阻值为  $1150 \Omega$ ”或者“电路中的总电阻为  $1800 \Omega$ ”,均给满分。

### 3 考生典型错解分析

#### 3.1 不理解物理公式的含义

第22题在求重物下落的加速度大小时,部分考生不理解公式  $v = v_0 + at$ ,  $2ax = v_t^2 - v_0^2$  的物理意义,计算使用公式时,同一个公式中的各个物理量没有选取在同一个过程,因此代入了错误数据计算,出现了  $a = 2(s_3 - s_1)f^2$ ,  $a = \frac{(s_2 - s_1)f^2}{2}$  等错误解答。

而在求 B 和 C 点的速度大小时,误认为  $f = T$ , 出现了  $v_B = \frac{(s_1 + s_2)T}{2}$ ,  $v_C = \frac{1}{2}(s_2 + s_3)T$  等错误答案。

#### 3.2 不能灵活运用理论知识解决问题

(1) 第22题在求打点计时器打出 B 和 C 点重物的下落速度大小时,部分考生不能灵活运用匀变速直线运动中某段时间内的平均速度大小等于中间时刻的瞬时速度大小的推论,出现了  $v_B = 2(s_1 + s_2)f$  和  $v_C = 2(s_2 + s_3)f$  等错误答案。

(2) 在求重物下落的加速度大小时,主要是运用牛顿第二定律来求解。但是,大多数考生找不到突破口,不能对物体进行正确的受力分析,无法灵活运用牛顿第二定律进行求解。

#### 3.3 计算错误

在求解重物的加速度大小时,涉及数学运算,很多考生虽然列式正确,但计算出现错误,导致出现

$$a = \frac{(s_3 - s_1)(s_1 + 2s_2 + s_3)f}{8s_2}$$

和

$$a = \frac{(s_3 + s_1)(s_1 + 2s_2 + s_3)f^2}{8s_2}$$

等错误答案而失分。

#### 3.4 不理解题意 不能正确理解实验原理

(1) 第22题中已明确指出打点计时器的电源为交流电源,可以使用的频率有20 Hz,30 Hz和40 Hz,但是大多数考生仍然计算得出其他的错误答案,例如:30.3 Hz,40.33 Hz.很显然考生没有真正理解题意.

(2) 在第23题(1)中连接电路图时,大部分考生没有理解实验原理和电阻箱、热敏电阻的连接关系,造成该题失分较多,主要存在以下错误.

1) 将导线画成虚线,如图4所示;

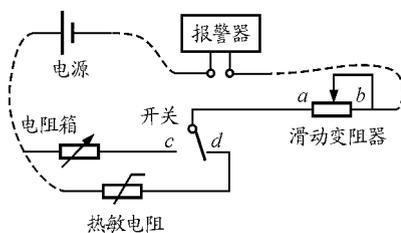


图4 错误电路图

2) 不认真审题,不明确题目中所给的具体实验器材,随意加实验器材,例如导线、开关、电压表和电流表等,错误电路图如图5,图6,图7和图8所示;

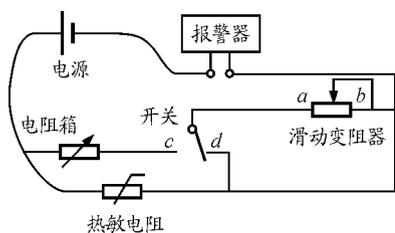


图5 错误电路图

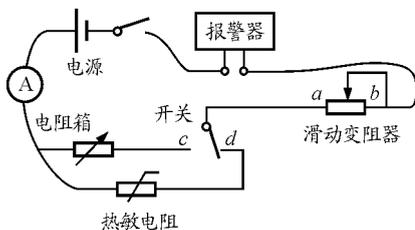


图6 错误电路图

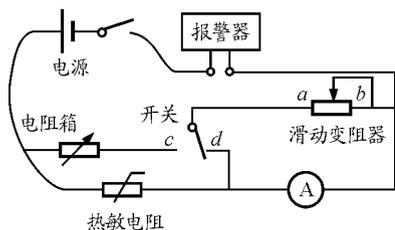


图7 错误电路图

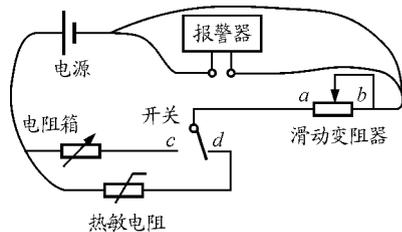


图8 错误电路图

3) 个别考生在连接电路时,没有用碳素笔描画,导致扫描在电脑上之后,图迹不清;

4) 少数考生在连接电路时,没有发挥所给实验仪器的作用.例如,有些考生把导线直接接在滑动变阻器的a端,没有将滑动变阻器接入电路,如图9所示.

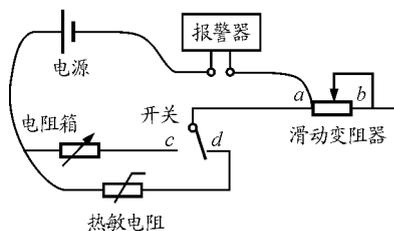


图9 错误电路图

(3) 实验原理是实验的核心,是实验方案设计、实验操作以及实验结果解释的基础.如果没有理解实验原理、实验过程,就无法运用电路中电阻的关系计算第23题(3)第1小题中电路接通前电阻箱的阻值.

### 3.5 不能正确使用常用的实验仪器

大多数考生明白将滑动变阻器连入电路时,其阻值应处于最大位置处,但是部分考生在作答第23题(3)第1小题的问题时,由于电路图没有正确作答,将答案填写成a,反映出考生没有真正理解滑动变阻器的作用.

### 3.6 物理语言概括表述有误

(1) 大多数考生在表述第23题(3)第1小题中滑片不能置于另一端的原因时存在的问题比较多.例如,部分考生填写的答案模棱两可,文字表述不完整,出现“分压过大”、“短路”、“电路短路”、“保证实验安全”等与题目要求无关的错误答案.

(2) 在第23题(3)第2小题中正解是“报警器开始报警”,考生主要存在的错误如下:一是错别字导

致丢分,错答为“报警器想”、“报警器报器”等;二是混淆起报警作用的用电器,错答为“热敏电阻报警”;三是物理语言表述不准确,混淆报警器工作和报警器报警的关系,错答为“报警器开始运转”、“报警器开始工作”、“报警器开始启用”等;四是原题里并没有电流表且报警器无法显示电流示数,但是部分考生错答“报警器的示数为 10 mA”、“电流表的示数为 10 mA”等.

#### 4 结语

以上分析的河北省考生在高考第 22 和 23 题中出现的典型错误,虽然来自学生,但也反映了教学中存在的问题.针对以上错误,教学中要注意让学生夯实理论基础,提高实验技能,灵活运用理论知识解决物理实验问题,培养学生审题、实验设计与分析、常用仪器的使用能力,特别注意提高学生的计算能力.

(上接第 107 页)

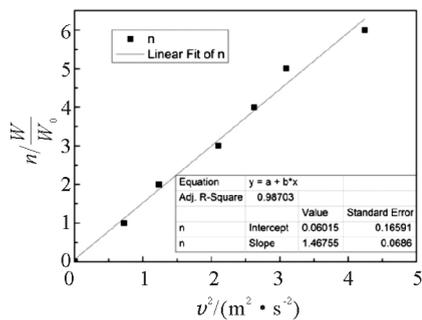


图 5  $n-v^2$  线性拟合

在拟合过程中,从自定义的二次函数拟合和直线拟合,得到  $n$  对  $v$  的二次函数拟合方程为

$$W = kv^2$$

其中  $k=1.488W_0$ ,而  $n$  对  $v^2$  的直线拟合方程为  $W = k'v^2$ ,其中  $k'=1.468W_0$ .可以看出  $k$  和  $k'$  的值非常接近,拟合效果非常好,而二项式拟合的二次项系数为  $1.339W_0$ ,与自定义的二次函数拟合以及直线拟合的系数相差比较大,因此可以分析得出自定义函数  $y = Ax^2$  拟合和线性拟合结果的一致性,可确定

最重要的是要引导学生亲自做实验,而不是仅仅停留在“讲实验”和“背实验”,提高学生的物理实验能力,体现物理学是一门以实验为基础的科学之特征.也希望考生错解的分析对以后物理教学改革及高考有所启示和帮助.

#### 参考文献

- 1 孟秀兰,高永昌,鲁增贤.2005年高考理综全国卷(I)第23题的多种解法及其典型错误分析.物理教学,2006(2):39~41
- 2 王丽萍,张萍,孟秀兰.2009年高考理综22,23题分析.物理教学探讨,2009(10):49~51
- 3 陶洪.物理实验论.南宁:广西教育出版社,1996.24~26
- 4 周丽.高考物理实验题与培养考生实验能力的调查研究.云南师范大学,2015
- 5 茹秀芳,张春斌,张军朋,等.物理高考实验题中学生智慧技能障碍分析.物理教学,2015(10):51~54

$W \propto v^2$ ,即橡皮筋对小车所做的功  $W$  与小车的速度的平方成正比.

#### 3 结论

(1) 运用 Origin Pro 8.0 软件对该实验数据的多项式拟合、自定义函数拟合和直线拟合的结果进行对比分析研究,引导学生熟悉和掌握科学研究常用的数据分析软件 Origin 的使用,提高学生实验数据处理能力和实验探究能力,有效调动学生学习的积极性和科学研究的兴趣.

(2) 通过自定义函数拟合和直线拟合的对比分析研究,分析得出自定义函数  $y = Ax^2$  拟合和线性拟合结果的一致性,可确定  $W \propto v^2$ ,加深了学生对对比分析等科学思维方法的运用,锻炼学生观察、分析、综合、逻辑推理等能力,有助于培养学生求真务实的科研态度和严谨的科研精神,推动学生科学精神、科学思维、实践创新、技术应用等核心素养的发展.