

基础教育研究

第26届全国中学生物理竞赛(决赛) 实验试题的解答与考试评析

陈元杰,殷海玮,陆申龙,马世红*

(复旦大学物理学系,上海 200433)

摘要:第26届全国中学生物理竞赛(决赛)中的实验试题为“利用负温度系数(NTC)热敏电阻设计制作数字体温计”和“玻璃材料物理特性的实验研究”,本文介绍了两个实验试题的实验内容、实验原理及部分答案,并对参赛学生的实验考试结果进行了分析.

关键词:物理竞赛;负温度系数;热敏电阻;数字体温计;分光计;折射率;色散曲线;角色散率

中图分类号: G632.479 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-4642(2010)03-0019-03

1 引言

由中国物理学会全国中学生物理竞赛委员会主办、上海市物理学会和复旦大学以及华东师大二附中联合承办的第26届全国中学生物理竞赛(决赛)于2009年10月29日至11月5日在上海市举行,来自全国31个省(市)的31个代表队的280名中学生选手参加了本次竞赛.经评奖组和竞赛委员会审议,评选出一等奖50名(由18个省市分享),二等奖98名(由23个省市分享),三等奖132名(由31个省市分享),以及4个单项特别奖(总成绩、理论成绩、实验成绩和女生成绩最佳奖),有3位选手获了此殊荣.

复旦大学物理学系承担了本届竞赛的命题(复赛理论试题与决赛理论、实验试题)工作,笔者作为物理实验命题组的主要成员,自始至终参与了出题、监考和阅卷,以及部分实验仪器装置的研发.本文拟对本届中学生物理竞赛(决赛)实验试题的考试结果及竞赛中存在的问题进行分析,提出相应的措施或对策,希望以此对国内基础教育的发展与改革提供一些有益的借鉴.

2 实验试题的解答与评析

2.1 实验试题及部分答案

本实验要求测定负温度系数(NTC)热敏电阻阻值与温度的关系,并设计制作一个数字体温

计(温度范围:35~42℃).

2.1.1 实验装置与器材

- 1) NTC热敏电阻1个(为避免热敏电阻自身发热对实验的影响,流过热敏电阻的电流不能超过300 μA).
- 2) 恒温装置1台,室温~80℃,显示分辨率0.1℃.
- 3) 直流稳压电源1台,0~20V,显示分辨率0.01V.
- 4) 3位半数字万用表1台,电压挡:最小量程200mV,显示分辨率0.1mV,不确定度限值0.5%+3位.欧姆挡:最小量程200 Ω ,显示分辨率0.1 Ω ,不确定度限值0.8%+3位.
- 5) 电阻箱2个,0.1级,0.0~9999.9 Ω .
- 6) 单刀双掷开关、导线、塑料烧杯等.

2.1.2 实验具体要求

- 1) 测量不同温度 T 下NTC热敏电阻的阻值 R .(40分)

a. 设计实验方案,画出实验电路图,标明各元件的参数.

解答:电路图如图1所示,也可用替代法测量电阻.设计方案中的串联电阻值应与热敏电阻的数量级相同,电源电压值须保证流过热敏电阻的电流不能超过300 μA .

b. 数据记录.(答案略)

- 2) 求出热敏电阻阻值 R 与温度倒数 T^{-1} 之

收稿日期:2009-11-30;修改日期:2009-12-21

作者简介:陈元杰(1975-),男,浙江杭州人,复旦大学物理学系工程师,学士,从事半导体物理和物理实验教学研究.

*通讯联系人:马世红(1963-),男,河南温县人,复旦大学物理学系教授,博士,从事功能超薄物理与器件物理实验教学研究.

间的关系。(15分)

解答:用计算器对 R 与 T^{-1} 作线性拟合,结果的有效数字保留 3~4 位,需注明单位.

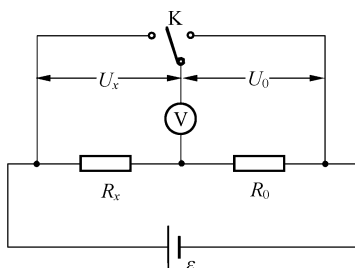


图1 实验电路图

3) 设计数字温度计。(30分)

a. 利用提供的仪器设备,绘制出所设计数字温度计的电路.

解答:电路图如图2所示.

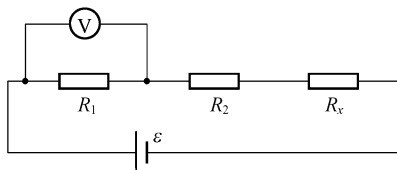


图2 数字式温度计设计电路图

b. 计算出各个元件的参数值. 要求:数字电压表的 mV 示数即为温度示值. 如果电压表显示

38.5 mV,即表示此时数字温度计测到的温度为 38.5 .

解答:电路中有 3 个待定量,即 R_1, R_2 ; 2 个约束方程: R 与 T^{-1} 的线性方程, T 与电压表 mV 示数的一一对应关系. 可以先选定电源电压值,再由约束方程解出 R_1 和 R_2 ;也可选定 R_1 ,由约束方程解出 R_2 ;但均需保证流过热敏电阻的电流不能超过 300 μ A.

4) 根据所设计的电路图,搭建数字温度计并对其进行调试。(15分)

a. 测量不同温度时,数字温度计的电压示数,并绘制校准曲线.

解答:由于实际调节中很难将电源电压调至设计值,可略有不同. 但应相应地改变 R_1 和 R_2 值,同时作好记录. 校准曲线为 $T-T$ 图(T 指电压表示数),图上应画出趋势线,理想情况下为直线,斜率为 1,截距为 0. 可作 $T-T$ 图(T 为 T 与 T 之差). (校准曲线略)

b. 根据校准曲线,对设计的电路进行必要的改进,要求使数字温度计的误差不超过 0.1 . (答案略)

2.2 考试结果及评析

表 1 是对 280 名参赛学生实验试题 I 的得分所作的统计.

表 1 实验试题 I 学生成绩的统计结果

题号	1(40分)	2(15分)	3(30分)	4(15分)	总分(100分)
最高分(人数)	39(1)	15(32)	30(12)	11(1)	94(1)
最低分(人数)	0(2)	0(78)	-5(4)	0(153)	0(2)
平均分	22.9	8.6	10.3	1.3	43.0
标准差	2.6	2.1	6.1	0.2	17.4

注:学生在做第 3 题过程中可以索要提示卡,但需要倒扣 5 分,因此出现负分.

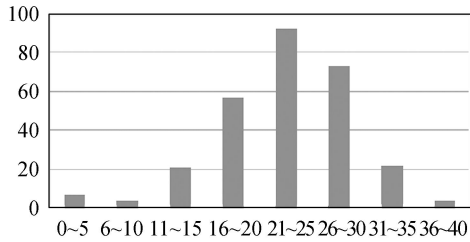
本次竞赛(决赛)参赛学生在该实验试题的各小题中得分情况如图 3 所示(横坐标表示分数的区间,纵坐标表示学生人数). 由图中可以看出,在所确定的第 2 小题评分标准中,因为该小题的分数的细分程度不够,造成直接用 $\ln R$ 和 T^{-1} 作线性拟合的学生得分极低. 从这一点来看评分标准略显严苛,需要今后在竞赛命题时加以注意. 但是,最终的统计结果依然能够表明,每个小题还是有一定的区分度的,且得分的情况也是大致符合正态分布的.

通过具体的统计分析,笔者得出以下看法:

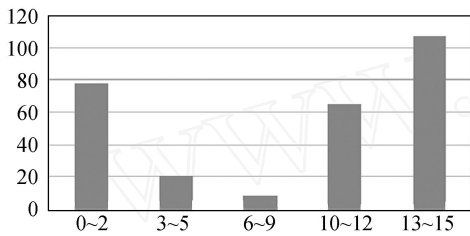
1) 在第 1 小题中,虽然题目中没有明确要求,先用万用表的欧姆挡粗略测量热敏电阻的阻值,但学生应该有预先了解所用实验元件物理参数的意识,通过粗略的测量了解其大致的数量级,便于实验参数的调节. 从监考和阅卷中可以发现,有约九成以上的学生没有预先进行粗测,这说明中学的物理实验课程中对“先粗测后细测”这一基本测量技能有所忽视.

在参数设置时,多数学生都注意到了热敏电

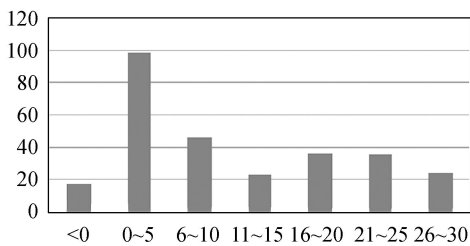
阻对电流的要求,但用欧姆挡直接进行测量的学生显然没有考虑过这一问题,因此被扣分。



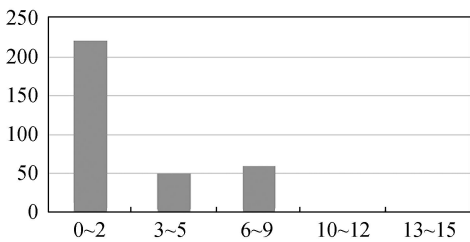
(a) 第1小题



(b) 第2小题



(c) 第3小题



(d) 第4小题

图3 实验试题I各小题的直方统计图

在数据记录中,极少数学生注明了实验条件。他们认为在实验方案的设计时已经标明了元件的参数,就无需再记录了。实际上,实验时实际调节的元件参数是否与设计值一样,特别是电源的电压,有时很难调节到与设计值一致。另外,学生显然没有考虑过在实验时可以对预先设计的实验条件作调整,以便充分利用实验仪器的精度,而达到减小实验结果的不确定度的目的。

半数以上的学生对数据表格的设计还是符合要求的;使用替代法的学生在表格设计时没有考虑需要记录替代前后电压表的读数而被扣分。虽然这一电压值对计算并无用处,但对结果的不确定度是有影响的,即便仅仅从实验严谨的角度看,也应该作必要的记录。

实验测量中学生出现的最大问题,是温度的变化范围太大。造成这一问题的根源就是很多学生急于动手,审题不清。实验装置中标明恒温装置的控温范围是室温到 80°C ,但这并不表示就是实验试题中要求的测量范围。题目要求制作的是体温计,而且明确给出了温度范围是 $35^{\circ}\text{C}\sim 42^{\circ}\text{C}$,实际上这才是实验中的温度变化范围。

2) 第2小题主要用来考察学生对实验数据的拟合,但部分学生,应该说还是比较好的学生,从竞赛指导书中了解到热敏电阻与温度的函数关系式,便直接使用该式,即对 $\ln R$ 和 T^{-1} 作线性拟合。事实上,在足够小的范围内,任何函数都可以用线性函数作近似,本题就属于这种情况。事实上,学生只要在测量完实验数据后,先在方格纸上粗略标注出所测量的实验数据点,观察一下数据点的变化趋势,就可以明白相关测量量间的物理规律;然后再选择合适的函数形式作拟合。实际上,在试题考卷的后面附有2张作图方格纸,就是供学生作草图用的,但基本上没有学生使用。这一现象说明:上述的实验步骤很少有学生具体涉及到。

在书写拟合结果时,有效数字和物理量的单位是学生失分较多的地方。

3) 第3小题的要求相对较高,是本试题的最重要的内容。由于仅提供2台电阻箱,直流非平衡电桥的设计方案被排除在外,剩下的实际上就是常规的串联或并联电路。只要有足够的时间,学生对串联或并联电路作一一分析,肯定能得出答案。考试结果表明:部分学生给出了可行的设计方案。尽管有些方案还存在个别的小问题,但也说明该部分的难度要求是可以接受的。大约15%的学生索要了提示卡,但仍有学生不得要领而得负分。

4) 第4小题的内容,绝大多数学生估计是因为时间的关系而没有完成;而完成或部分完成的参赛学生的得分也不是太理想。

(下转第24页)

3.3 几点说明

3.3.1 关于橡皮筋条数

如果 n 根橡皮筋并用,同于弹簧并联,每根橡皮筋的劲度系数为 k ,则总劲度系数 $k_n = nk$.

3.3.2 实验步骤

1) 按图 4 安装实验装置,在白纸上记录小车

起始位置 O 和钉子 A, B 的位置;

2) 打开电源,释放小车,得到一根纸带;

3) 改变小车起始位置,重复步骤 2,至少做 5 次,在准备好的表格中记录数据;

4) 加上相同的橡皮筋,保持小车起始位置一定,重复步骤 2,至少做 5 次,记录数据.

Verification of elastic potential energy formula with experiment

CHEN Ya

(No. 2 Middle School of Nantong, Nantong 226002, China)

Abstract: In teaching materials, the elastic potential energy formula is deduced with theory. In this paper, two experiments have been designed to verify the elastic potential energy formula: one is based on the conversion relation between elastic potential energy and gravitational energy; and the other is based on the conversion relation between elastic potential energy and kinetic energy.

Key words: elastic potential energy; gravitational potential energy; kinetic energy

[责任编辑:尹冬梅]

(上接第 21 页) 主要的问题是在作图上. 首先,作图必须要有实验测量数据. 不少学生把所测量的实验数据记录在草稿纸上(这是一个很不好的习惯),而在正式的答题纸(栏)里,却一个字也不写,只附上一张图. 其次,标注实验数据点时仅画一个点或叉. 还有,就是直接用折线将实验数据点连接起来. 所有这些情况,都是不符合做好物理实验要求和规范的.

综合起来看,试题的难度似乎有点高,对实验基本技能的要求较为严格,参赛学生各小题的结果不太令人满意.

但是,图 4 所示的 280 名参赛学生所得本题总分的分布情况表明:参赛学生的考试成绩还是

完全符合统计正态分布的,进而佐证了通过本实验试题 I 能够将高水平的学生筛选出来的认识.

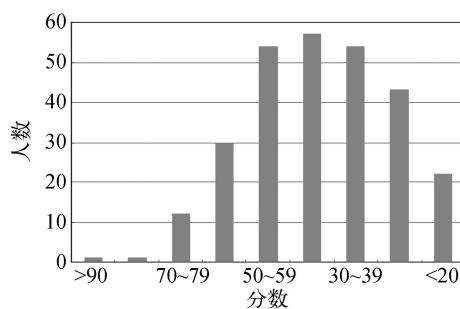


图 4 试题 总分的直方统计图

(待续)