

# 短文荟萃

## 从几道例题中关于电流表读数的思考

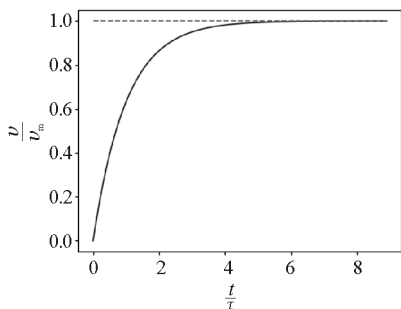
张绍虎

(武汉市黄陂区第一中学 湖北 武汉 430300)

(收稿日期:2017-07-11)

电学是物理学中的重要组成部分,恒定电流、电学实验一直是高中学生电学实验考查的重点,也是高考中理科综合考试中的难点.能否在考试中取得较好成绩,对电学实验的重视很关键,一是要做好学生分组实验和演示实验,二是要做好电学实验的归纳和分析,笔者就其中电流表读数中的一些思考与分析与大家讨论.

$$v_m = \frac{mgR}{B^2L^2} = 0.4 \text{ m/s} \quad (7)$$



$\tau$  为特征时间,虚线标出了  $v = v_m$

图2 暂态过程中速度随时间的变化

当  $t = \tau$  时,  $v = 0.632v_m$ . 可以认为  $\tau = \frac{mR}{B^2L^2}$  为

特征时间. 当  $t = 5\tau$  时,  $v = 0.993v_m$ , 此时金属棒的速度非常接近用暂态分析法得到的最大速度  $v_m = 0.4 \text{ m/s}$  了. 在这个过程中, 由于重力加速度  $g$  为常数, 所以  $v_m$  仅与特征时间有关, 值等于金属棒做特征时间的自由落体运动后所达到的速度. 在本题中, 特征时间  $\tau = \frac{mR}{B^2L^2} = 0.04 \text{ s}$ .

### 5 与电路中暂态过程的比较

在中学物理中, 对电路的分析通常基于欧姆定律. 在一个包含电源  $E$ 、开关、导线和电阻  $R$  的电路中, 合上开关, 电路中的电流瞬间增大至  $I_m = \frac{E}{R}$ . 但

(1) 笔者看到资料中一些关于电流表读数不一致的地方, 电流表在高中测电流用得较多的是  $0 \sim 0.6 \text{ A}$  和  $0 \sim 3 \text{ A}$  的直流电流表, 对于  $0 \sim 3 \text{ A}$  的量程是分为  $0 \sim 1 \sim 2 \sim 3 \text{ A}$ ,  $0 \sim 1 \text{ A}$  分成 10 等分, 每一小格为  $0.1 \text{ A}$ , 在读数时, 可按  $\frac{1}{10}$  估读原则读数, 即读到  $0.1$  几安. 而对于  $0 \sim 0.6 \text{ A}$  量程是分成  $0 \sim 0.2 \sim 0.4 \sim 0.6 \text{ A}$ ,  $0 \sim 0.2 \text{ A}$  分成了 10 等份, 每一小格  $0.02 \text{ A}$ , 而这个量程在实验测量中用得较多, 具体怎么读, 怎么读数比较准确? 笔者看了有些书上给出了其读法: 如《物理实验报告 第三册(必修加选修)》第 43 页, 附表物理量的直接测量, 表中, 物理量: 电流, 中学常用的测量工具: 电流表 ( $0.6 \text{ A}$  或  $3 \text{ A}$ ), 准确度(最小分度值):  $0.02 \text{ A}$  或  $0.1 \text{ A}$ , 说明: 可进行  $\frac{1}{2}$  和  $\frac{1}{10}$  估读. 给出了读法.

实际的电路中都会具有一定的电感  $L$ , 接通电源后, 反方向的感应电动势会阻碍电流增加. 也就是说, 从接通电源开始, 电流只能从零逐渐增加而不能突变.  $LR$  电路满足初始电流为零的解为<sup>[1]</sup>

$$i = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t}) = I_m(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) < I_m \quad (8)$$

可以看出式(8)与式(6)具有相似的形式, 这是由于  $LR$  电路中电流的微分方程与上题中金属棒的运动所满足的动力学方程具有相似的形式. 初值为零的  $LR$  电路的解表明, 实际的电路中合上开关后电流的变化不是突变, 也是一个暂态过程. 特征时间  $\tau = \frac{L}{R}$ , 电路中  $t \rightarrow \infty$  时电流的极限为根据欧姆定律

所计算出的恒定电流  $I_m = \frac{E}{R}$ .

### 6 结论

中学物理中常见的暂态分析题中, 经常需要计算的最大值的意义往往是某物理量在  $t \rightarrow \infty$  时的极限值. 一个实际电路合上开关的过程就是一个典型的暂态过程, 而通过欧姆定律计算的恒定电流也是暂态过程的极限电流. 这些暂态过程的解具有相似的形式, 因为其满足的微分方程形式类似.

### 参考文献

- 赵凯华, 陈熙谋. 新概念物理教程 电磁学. 北京: 高等教育出版社, 2006

书中在第29页有一道题,第17题,在做测定电池的电动势和内电阻实验时,所用电流表和电压表内阻分别为 $0.1\ \Omega$ 和 $1\ \text{k}\Omega$ ,第(2)问,一位同学记录的6组数据如表1所示,其中有效数字记录不规范的是第\_\_\_\_\_次。(3)问在坐标纸上作出 $U-I$ 图像,根据图像求得电源电动势和内电阻分别是\_\_\_\_\_。

表1 实验记录

次数	1	2	3	4	5	6
$I/\text{A}$	0.12	0.204	0.31	0.32	0.51	0.57
$U/\text{V}$	1.37	1.32	1.24	1.18	1.10	1.05

从表中可以看出电流有6组数据,5组数值是小数点后2位,1组数值是小数点后3位,可以说明第2组数据记录不规范。在其余5组数据中,第3组,0.31 A,第5组0.51 A,第6组0.57 A,其末位数据为单数,可以看出这位学生在读数时是按 $\frac{1}{2}$ 估读的,这几个实验数据是很有说服力的。对于 $\frac{1}{2}$ 估读,笔者的理解是对于一小格,若指针未到半小格,舍去其值,超过半小格按半小格读,一小格电流值是0.02 A,而半小格电流值是0.01 A。

(2)笔者遇到的第2道题是《2009高中各个击破31实验人教大纲版物理》第25页,第9题:用伏安法测电阻的实验中,按实验要求选用的电压表的最小分度是0.1 V,电流表的最小分度为0.02 A,某学生记录下的实验数据中,不符合要求的是( )

- A. 0.81 V, 0.16 A      B. 1.21 V, 0.242 A  
C. 1.71 V, 0.338 A      D. 2.51 V, 0.504 A

书后面给的答案是B,C,D。

分析如下:电流表的最小分度为0.02 A,则误差会出现在安培的百分位,我们只需读到安培的百分位,估读半小格,不足半小格的舍去,超过半小格的作为一格估读,据此可知B,C,D3项不符合要求。这个分析跟笔者的理解有很多相同点,即 $0\sim 0.6\ \text{A}$ 量程读数时按 $\frac{1}{2}$ 小格估读,只读到百分位,由于电表的制作和准确度,电流表按2.5级要求。对于 $0\sim 0.6\ \text{A}$ 量程,误差范围为 $2.5\% \times 0.6\ \text{A} = 0.015\ \text{A}$ ,若按一格估读就是0.02 A,大于0.015 A,超过这个误差范围,这样读数就不准,若按半小格估读,即误差范围为0.01 A,小于0.015 A,按这样读,其读数应该是准确的,而且这样实际读起来比较方便,同时由于在测量过程中指针的不稳定性和晃动,以及指

针的宽度在刻度盘上占有一定位置,这样读到电流的百分位应该是准确的。对于半小格的估读,上面老师的分析:估读半小格,不足半小格的舍去,超过半小格的作为一格估读,即读作0.02 A,那么这样百分位就没有1,3,5等单数了,笔者的理解是超过半小格按半小格估读,这是我个人对上面分析的不同看法和理解。

(3)在恒定电流这一章,在《全日制普通高级中学教科书(试验修订本·必修加选修)物理第二册》,第135页,例题2:在图1中, $R_1 = 14\ \Omega$ , $R_2 = 9\ \Omega$ ,当开关S切换到位置1时,电流表的示数为 $I_1 = 0.2\ \text{A}$ ;当开关S切换到位置2时,电流表的示数为 $I_2 = 0.3\ \text{A}$ 。求电源的电动势 $E$ 和内阻 $r$ 。

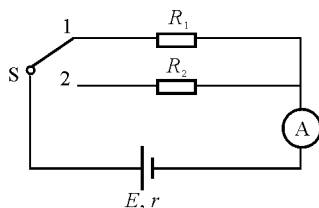


图1 物理第二册第135页例题题图

题中电流表的示数 $I_1 = 0.2\ \text{A}$ , $I_2 = 0.3\ \text{A}$ ,在实验室中,测电流的直流电流表量程 $0\sim 0.6\ \text{A}$ , $0\sim 3\ \text{A}$ , $0\sim 0.6\ \text{A}$ 读到百分位, $0\sim 3\ \text{A}$ 量程中 $0\sim 1\ \text{A}$ 又分成10等分,每一等分为0.1 A,按 $\frac{1}{10}$ 估读原则,也就是读到0.1几安,读到小数点后两位,这里题中给的数据与实际测量电流表的读数有出入。

在教科书《普通高中课程标准实验教科书物理选修3-1》第62页例题1中给出电流表读数 $I_1 = 0.2\ \text{A}$ ;当开关处于位置2时,电流表读数 $I_2 = 0.3\ \text{A}$ 。后来笔者又看了教科书老版本《高级中学课本物理第二册(必修)》第52页,例题,在图2中, $R_1 = 14.0\ \Omega$ , $R_2 = 9.0\ \Omega$ 。开关S扳到位置1时,测得电流 $I_1 = 0.20\ \text{A}$ ;当S扳到位置2时,测得电流 $I_2 = 0.30\ \text{A}$ ,求电源的电动势和内电阻。在题中测得电流值 $I_1 = 0.20\ \text{A}$ , $I_2 = 0.30\ \text{A}$ ,读到小数点后两位,这个与实际测量电流的读数应该是相符的。从以上题例和分析可知直流电流表读到百分位即可,这是笔者关于直流电流表读数的收集、归纳和分析。

### 参考文献

- 1 蒋大桥. 全日制普通高级中学物理实验报告第三册(必修加选修). 武汉:武汉出版社,2006. 29
- 2 王建军,陈军. 高中各个击破31实验人教大纲版物理. 延吉:延边人民出版社,2008. 25