

# 用电流表测微小质量

李加定,曾庆国,孙番典,朱梓炎

(华南师范大学物理与电信工程学院,广东广州510006)

**摘要:**将物体悬挂于电流表指针上,通电力矩平衡时物体质量与电流成线性关系,通过对悬挂于电流表指针上标准物体与待测物体平衡时产生的电流对比,求出待测物体质量.

**关键词:**电流表;微小质量;力矩平衡

**中图分类号:**TM933.15

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-4642(2005)12-0042-02

在电学实验中,电流表用来测量电路中的电流,电流表经过改装也可测量电压、电阻等.本文介绍用电流表来测量微小质量的方法,其精度可达到1 mg,且结构简单、操作方便、稳定性好.

## 1 测量原理

电流表的工作原理如图1所示,外部导线与其内部的动线圈连接,动线圈处在均匀辐射形磁场中<sup>[1]</sup>.当有电流*I*通过时,动线圈在均匀辐射形磁场中受安培力矩*T<sub>e</sub>*的作用而偏转,根据电磁学原理可以证明

$$T_e = BNI S \quad (1)$$

式中*B*为磁感应强度,*S*为单匝线圈面积,*N*为线圈匝数.

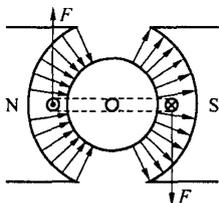


图1 电流表工作原理图

线圈转动将使电流表内的游丝形变,产生与指针偏转角*α*成正比的反作用力矩*T<sub>m</sub>*

$$T_m = k\alpha \quad (2)$$

其中*k*为游丝弹性扭转系数.当两者平衡时有

$$T_e = T_m \quad (3)$$

将(1)式和(2)式代入(3)式可得

$$\alpha = \frac{BNS}{k} I = k' I \quad (4)$$

取可垂直放置的电流表表头(如图2所示),将其固定于一面开口的玻璃容器内.在电流表指针上距转轴中心长度为*L*处悬挂装载待测物的托盘(悬点固定,*L*为定值).悬线和托盘的质量为*m<sub>0</sub>*(质量在50 mg以下为宜).

图2 电流表改装后实物图

下面按照测量过程介绍其工作原理:

1) 调零 托盘空载时调节电流,当指针在水平位置时(这一位置可通过光电门来实现),电流为*I<sub>0</sub>*,线圈安培力矩与游丝偏转力矩和外力矩平衡,即

$$BNI_0 S = k\alpha + T_0 \quad (5)$$

其中,*α*为指针偏转角,*T<sub>0</sub>*为空载时托盘和指针的重力矩.记录*I<sub>0</sub>*.

2) 校准 将已知质量*M<sub>0</sub>*的标准物体(分析天平的砝码)放入托盘中,调节电流,使指针在水平位置平衡时电流为*I<sub>M</sub>*,则力矩平衡时有

收稿日期:2005-03-29;修改日期:2005-10-13

作者简介:李加定(1982-),男,湖南衡阳人,华南师范大学物理与电信工程学院本科生.

指导教师:孙番典(1954-),男,广东梅州人,华南师范大学物理与电信工程学院副教授,从事原子物理方面研究.

$$BN I_M S = M_0 g L + k\alpha + T_0 \quad (6)$$

3) 测量 将待测物体(质量为  $m$ )放入托盘中, 调节电流, 使指针在水平位置平衡时电流为  $I_m$ , 则力矩平衡时有

$$BN I_m S = mgL + k\alpha + T_0 \quad (7)$$

由(6)式-(5)式得

$$BNS(I_M - I_0) = M_0 g L \quad (8)$$

同样由(7)式-(5)式得

$$BNS(I_m - I_0) = mgL \quad (9)$$

由(9)式、(8)式相比, 并整理可得

$$m = \frac{I_m - I_0}{I_M - I_0} M_0 \quad (10)$$

## 2 实验分析

由式(10)可知, 待测物质量值与电流表的内部参量无关. 且将质量的测量转变为电流的测量. 这就为用电路来控制 and 测量提供了有利的条件, 即可将电流的调节、数据采集、结果计算、状态和数据显示以及指针偏转位置的控制均由单片机完成, 从而实现自动控制, 并把结果由数码显示. 图 3 是测量电路示意图.

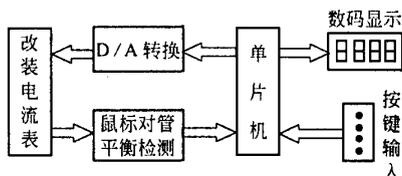


图 3 测量电路示意图

通过按键可输入标准物的质量值并控制单片机的工作. 工作时, 单片机通过 D/A 转换向电流表输入电流, 使电流表指针偏转, 鼠标对管检测指针位置, 反馈予单片机影响输出电流直至平衡. 另外电路还可以实现其它功能, 如误操作报警提示、工作状态实时显示等.

利用这种方法在广东省第七届大学生物理实验设计大赛中测量微小质量记录如表 1 所示.

标准值	实测值		
	1	2	3
510	509.6	509.9	509.9
102	102.2	102.4	102.6
2	1.7	1.7	1.7

## 3 结束语

通过对电流表的改装来测量微小物体质量的方法, 精度较高而且稳定性较好. 不足是可测量的量程范围较小, 只有 0~1 g. 主要限制是由于流过电流表的电流不能太大, 以及其内部结构精细有关. 若选择量程大、内部磁场强, 指针刚性强的电流表表头, 可以适当提高量程.

## 参考文献:

[1] 郭木森, 黄元梅, 黄经武. 电工学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 239.

# Measuring tiny mass by using amperemeter

LI Jia-ding, ZENG Qing-guo, SUN Pan-dian, ZHU Zi-yan

(School of Physics and Telecommunication Engineering,  
South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The measurement system contains an amperemeter and an object hung on the pointer of the amperemeter. When the system reaches equilibrium of moment, it is shown that the relationship between the mass of the object and the current is linear. So we can measure the mass of any unknown object by comparing its current and that of a standard object.

**Key words:** amperemeter; tiny mass; equilibrium of moment