第 34 届全国中学生物理竞赛实验试题（力电实验）

物 理 竞 赛 实 验 试 题 · 力 电 实 验

决赛实验一：电子秤 | 竞赛时间 2017 年 10 月 29 日 | 所需时间 90 分钟 | 满分 60 分

试 题 页 说 明

1. 本页为竞赛试题页，需要循环使用，请不要书写任何内容或做任何标记。

一、 实验试题 （60 分）

实验题目与器材

切变模量是表征材料抵抗切应变能力大小的物理量，是材料的力学性能指标之一。请利用提供的实验器材，设计制作电子秤，测量圆环的质量；测量金属丝的切变模量。

【实验器材】

100 g 砝码 10 个；

直流稳压电源 1 台（可输出 ±15 V、0~12 V 可调直流电压）；

可调增益差动放大器 1 个；

数字万用表 1 个（仪器误差为 0.5% × 测量值 +2）；

带托盘的差动全桥悬臂梁 1 个；

九孔接线板 1 个、连接导线 5 根（含数字万用表的接线）；

电子秒表 1 只（精度 0.01 s）；

卷尺 1 个（仪器误差取 0.5 mm）；

游标卡尺 1 个（仪器误差取 0.02 mm）；

螺旋测微计 1 个（仪器误差取 0.004 mm）；

扭摆 1 个；

待测圆环 1 个；

待测金属丝 1 根。

【模型与器材说明】

2、带托盘的差动全桥悬臂梁。导体或半导体材料受到外力作用而产生机械变形时，材料的电阻值会随之发生变化，利用这种现象工作的传感元件称为电阻应变片。在一定条件下，应变片的阻值变化与应变片的纵向长度变化量成正比，而在弹性限度内此纵向长度变化量又与所受外力成正比。因此，可以用来测量力的大小。一中空的金属梁，上下两表面分别粘贴电阻应变片，便构成了图 1 所示的悬臂梁结构，它是常用的测力装置。使用时，一端固定于底座，另一端（可上下自由活动）与托盘固连作为承重端。

悬臂梁上的 4 个应变片已经连接成了图 2 所示电路，红线和黑线分别为电源正极和负极，其它两个颜色相同的导线为信号输出。

2、扭摆。如图 3 所示，将一金属丝上端固定在一个夹具上，下端悬挂一带夹具的刚性金属圆盘，构成扭摆。轻轻转动金属丝上端的夹具，使金属丝在外力矩作用下带动刚性金属圆盘扭转一角度 θ_0。撤去外力矩后，金属丝将在弹性恢复力矩的作用下带动刚性金属圆盘做周期性摆动，摆动周期为 $T_0=2\pi\sqrt{I_0/D}$。式中，I_0 为整个刚性金属圆盘对中心轴线的转动惯量，D 为金属丝的扭转系数，它与悬线长度 L、悬线的半径 R 及悬线

材料的切变模量 G 的关系为 $G=2LD/(\pi R^4)$。若均质圆环的质量为 M，外径为 d外，内径为 d内，则其绕中心转轴的转动惯量为 $I=\frac{M}{8}(d外^2+d内^2)$。

3、JD-1A 电子秒表的使用。

1）按中间的“功能转换”键直至秒表显示。

2）按右边的“开始/停止”键开始计时。再按该键，停止计时（重复按该键，重复开始计时）。

3）停止计时后，按左边的“暂停/回零”键复位到零。

4、可调增益差动放大器（最大放大倍数 100 左右）。可调增益差动放大器实物图见图 4，电原理图如图 5。图中 V_+ 和 V_- 分别为电源正（+15 V）和电源负（−15 V），V_p 和 V_N 分为差动信号输入端，V_o 为信号输出端，GND 为接地端，*VREF* 悬空（不需另接电源）。两组 V_+ 和 V_- 只需接一组即可。

5、九孔板的使用。九孔板的面板结构如图 6 所示。田字型结构中每个插孔都已相互连通，但任意两个田字型结构之间是不连通的。我们可以用元器件、导线和连接器等连接成我们需要的电路。

6、坐标纸栏与草稿栏。试卷上的坐标纸栏和草稿栏，根据实际需要使用。

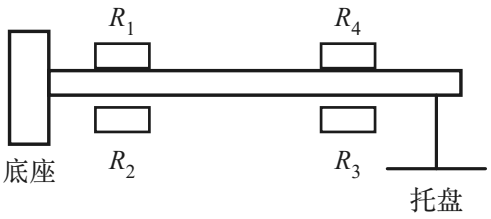

图 1 带托盘的差动全桥悬臂梁

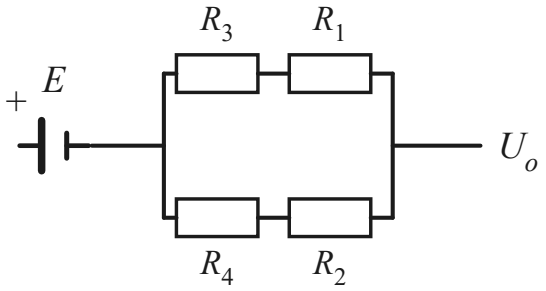

图 2 应变片电桥

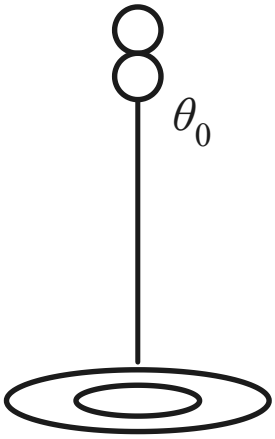

图 3 扭摆

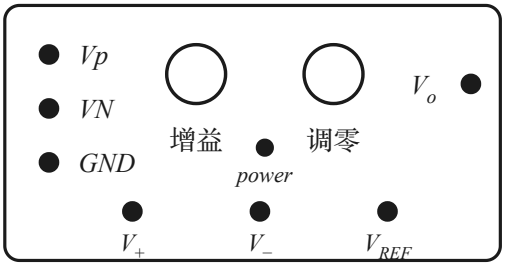

图 4 可调增益差动放大器面板示意

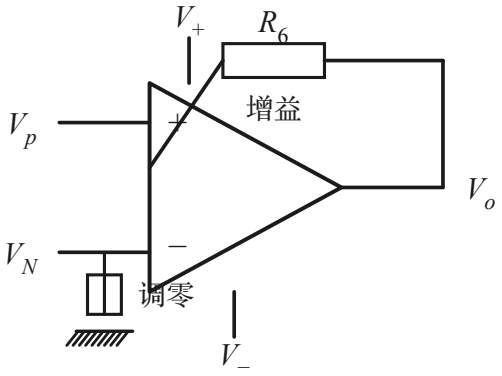

图 5 差动放大器电原理示意

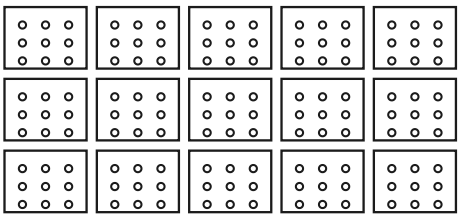

图 6 九孔板面板结构

1. （30 分）

制作量程为 1000 g、最小分度为 1 g 的电子秤，并用其测量圆环的质量。

(1) 画出电路原理图（差动放大器供电电源是 ±15 V，全桥悬臂梁供电电压不得超过 12 V）。

(2) 组装电子秤，并对其量程进行标定，简述标定量程的步骤。

(3) 验证电子秤的线性关系，确定其最大偏差。

(4) 利用该电子秤测量圆环的质量，计算其不确定度。

2. （30 分）

利用扭摆测定金属丝的切变模量。

(1) 给出测定金属丝切变模量的实验原理和计算公式。

(2) 记录测量数据。

(3) 计算测量结果，估算其不确定度。

1、本题中一共有三张提示卡，可以向监考老师申请使用，使用前两张各扣 8 分，第三张扣 12 分。2、模型与器材的说明见下页。