

物理竞赛实验试题

(力电实验)

竞赛时间: 2017 年 10 月 29 日; 所需时间: 90 分钟

[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。]

[实验题目] (60 分)

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]

- 100g 砝码 10 个
- 直流稳压电源 1 台 (可输出 $\pm 15V$ 、 $0\sim 12V$ 可调直流电压)
- 可调增益差动放大器 1 个
- 数字万用表 V 1 个 (仪器误差为 $0.5\% \times \text{测量值} + 2$)
- 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 $0.01s$)
- 卷尺 1 个 (仪器误差取 $0.5mm$)
- 游标卡尺 1 个 (仪器误差取 $0.02mm$)
- 螺旋测微计 1 个 (仪器误差取 $0.004mm$)
- 扭摆 1 个
- 待测圆环 1 个
- 待测金属丝 1 根

[实验要求]

- 制作量程为 $1000g$, 最小分度为 $1g$ 的电子秤, 并用其测量圆环的质量 (30 分)。
 - 画出电路原理图 (差动放大器供电电源是 $\pm 15V$, 全桥悬臂梁供电电压不得超过 $12V$)
 - 组装电子秤, 并对其量程进行标定, 简述标定量程的步骤。
 - 验证电子秤的线性关系, 确定其最大偏差。
 - 利用该电子秤测量圆环的质量, 计算其不确定度。
- 利用扭摆测定金属丝的切变模量 (30 分)
 - 给出测定金属丝切变模量的实验原理和计算公式。
 - 记录测量数据。
 - 计算测量结果, 估算其不确定度。

[说明]

- 本题目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
- 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。

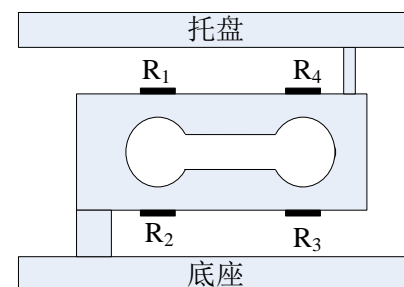


图 1

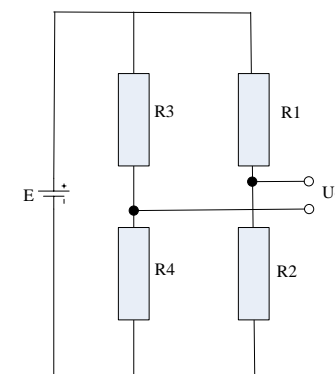


图 2

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 。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

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{D}} \quad (1)$$

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

$$G = \frac{2L}{\pi R^4} D \quad (2)$$

若均质圆环的质量为 M, 外径为 $d_{\text{外}}$, 内径为 $d_{\text{内}}$, 则其绕中心转轴的转动惯量为

$$I = M\left(\frac{d_{\text{外}}^2 + d_{\text{内}}^2}{8}\right) \quad (3)$$

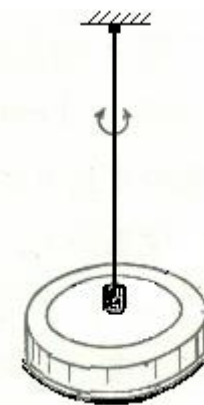


图 3

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。

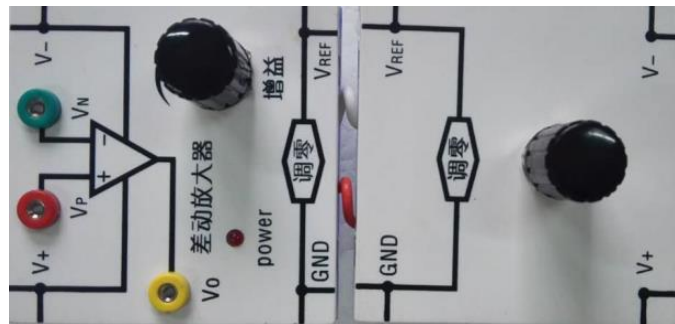


图 4

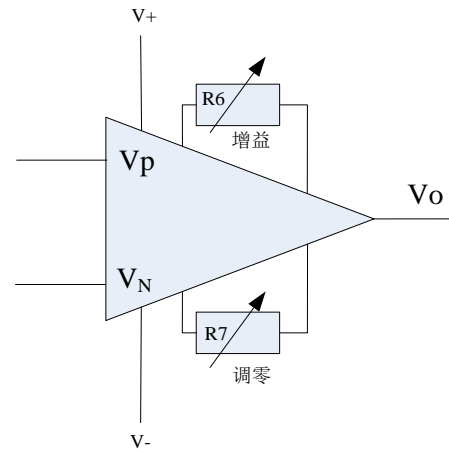


图 5

图中 V_+ 和 V_- 分别为电源正 (+15V) 和电源负 (-15V)， 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， V_{REF} 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。

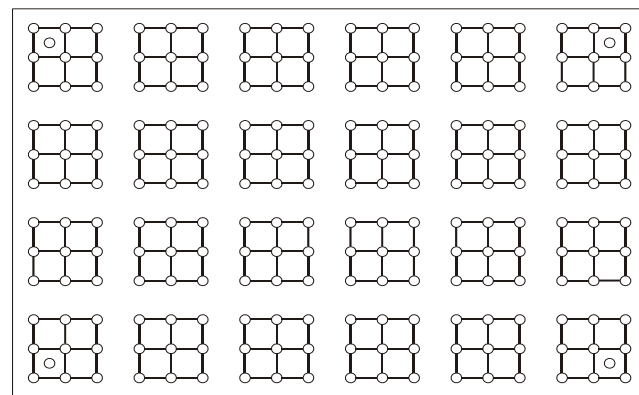


图 6

6、 试卷上的座标纸栏和草稿栏，根据实际需要使用。