

第三十二届全国中学生物理竞赛实验试题

实验一 二极管正向伏安特性精确测量 (30 分)

二极管是典型的非线性元件，其伏安特性满足 $I = I_0(e^{\frac{qU}{nkT}} - 1)$ ，其中 I_0 为反向饱和电流（其值取决于材料、温度、掺杂浓度和截面积等）， q 为电子电量（ $q = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ ）， k 为玻尔兹曼常数（ $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$ ）， U 为二极管的外加电压， T 为绝对温度， n 为理想因子。精确测量其伏安特性时，必须设计合理电路，以消除电流表和电压表内阻对测量的影响。已知待测二极管为硅管，正向开启电压约为 0.5V，导通时电压约为 0.6-0.8V。

实验器材

直流稳压电源 1 台；数字式万用表 2 只；电位器 2 只；标准电阻箱 1 只；直流检流计 1 台；恒温水浴锅一台；待测二极管（置于封闭的石英管中）一个；可编程计算器一台；导线若干。

实验要求

1. 根据所给实验器材设计实验方案，精确测量在 $t = 27^\circ\text{C}$ 时二极管的正向伏安特性（电流变化范围：0.5~1000 μA ，测量不少于 20 组数据）：

(1) 画出实验电路图，说明实验原理，写出实验步骤；

(2) 设计表格并记录实验数据；

(3) 画出二极管正向伏安特性曲线，用最小二乘法或作图法得出反向饱和电流 I_0 和理想因子 n 。

2. 二极管中的电流恒定时，其两端电压会随温度变化而变化。设定二极管的电流分别为 5 μA 、15 μA 和 20 μA ，确定其电压与温度的关系，推导出在绝对零度时的二极管电压 $U_{g(0)}$ ；并在此基础上讨论并消除电流大小对二极管 $U_{g(0)}$ 的影响（建议温度范围 $27^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ ）：

(1) 说明实验原理，写出实验步骤；

(2) 设计表格并记录实验数据；

(3) 分别画出电流为 5 μA 、10 μA 和 15 μA 时二极管电压 U 与热力学温度 T 的关系曲线、得出 U 与 T 的关系式、推导出在绝对零度时的二极管电压 $U_{g(0)}$ ；分析不同恒定电流条件下，所获得绝对零度时二极管正向结电压的特点及其产生原因，并试图消除。

仪器说明

1. 直流稳压电源后侧面已有市电接入，打开电源，输出指示灯会点亮。输出电压已设定为 5V。
2. 数字式万用表，除用于判定二极管正负极外，仅用作直流电流表和直流电压表（内阻未知）。
3. 电位器是十圈连续可调电阻器，其 1、3 接线端为固定端，2 为滑动端。电阻调节范围分别为 $0\sim 2\text{K}\Omega$ 和 $0\sim 5\text{K}\Omega$ 。
4. 检流计满偏电流约为 $0.3\mu\text{A}$ （而非表上标示的 $10\mu\text{A}$ ），谨慎使用，以免烧坏。
5. 恒温水浴锅控温范围：室温至 100°C ；控温精度： 0.5°C 。水浴锅已加好适量的水，待测二极管置于封闭的石英管中，测量时需尽量靠近测温点。
6. 可编程计算器可用于线性回归计算。

注意事项

实验过程中请注意电表读数，以防烧坏电表和器件。

求助说明

本实验过程中可有 1 次求助机会。

求助卡 申请提供实验电路图，扣 7 分。

第三十二届全国中学生物理竞赛实验试题

实验二 测量透明容器和液体的折射率（30 分）

实验器材

透明圆桶形容器 1 个（易碎品），激光笔 1 支，坐标纸 3 张，直尺 1 把，矩形光屏 1 个，待测液体 1 瓶（装于矿泉水瓶中），计算器 1 个，铅笔 1 支。

实验内容与要求

1. 测量透明圆桶形容器器壁的折射率。

（1）画出光路图，说明实验原理，给出其计算公式，要求写出必要的推导过程；

（2）简述实验步骤；

（3）在坐标纸上记录实际光路图；

（4）记录相关实验数据，根据相关实验数据计算容器器壁的折射率，要求写出简要的计算过程。

2. 用光学方法测量透明圆桶形容器外半径与内半径之比 R/r 。

（1）画出光路图，说明实验原理，给出其计算公式，要求写出必要的推导过程；

（2）简述实验步骤；

（3）在坐标纸上记录实际光路图；

（4）记录相关的实验数据，根据相关实验数据计算容器外半径与内半径之比 R/r ，要求写出简要的计算过程。

3. 将待测液体缓慢倒入透明圆桶形容器中，测量液体折射率。

（1）画出光路图，说明实验原理，给出其计算公式，要求写出必要的推导过程；

（2）简述实验步骤；

（3）在坐标纸上记录实际光路图；

（4）记录相关的实验数据，并根据相关实验数据计算液体折射率，要求写出简要的计算过程。

器材使用说明

1. 本实验采用普通的激光笔作为光源，按面板上的开/关键激光打开，再按则关闭。激光笔持续亮 3 分钟后会自动关闭以达到自我保护，此时再按开/关键激光笔重新打开。切不可将激光直接射入眼睛。

2. 激光笔固定于矩形盒的上方，使光源保持一定的高度，矩形盒已固定于实验桌上请不要移动。矩形盒旁边的纸片可垫在激光笔的下方用于调节激光的仰角。

3. 待测液体装于矿泉水瓶中，将待测液体倒入透明容器时要防止溢出到桌面或沾到皮肤，一旦液体溢出或沾到皮肤应马上用面巾纸擦干。矿泉水瓶仅用于装待测液体，不可用于测量。

4. 计算器的使用：ON 为开关键、SHIFT 为功能切换键（黄色和白色标识运算符之间切换）、按 SHIFT 键再按 AC 键可关闭计算器。

5. 转笔刀只用于削铅笔用，透明胶带仅用于固定坐标纸，塑料杯只能用于装可能的废液，面巾纸只用于擦干可能溢出的待测液体。

求助说明

本实验过程中可有 2 次求助机会。

求助卡 1 申请测量容器器壁折射率实验原理，扣 4 分。

求助卡 2 申请测量液体折射率实验原理，扣 6 分。