

# 第三十一届全国中学生物理竞赛 决赛实验试题

(光 学)

## [实验题目]

光线通过三棱镜后将发生偏折，其偏向角  $\theta$ （出射光与入射光的夹角）与入射角  $i$ （入射光线与入射平面法线的夹角）有关，随着入射角的变化，偏向角会出现一个极小值，称为最小偏向角  $\theta_m$ 。

用分光计（如图）测得三棱镜的顶角  $A$  和最小偏向角  $\theta_m$  后，可用公式计算出三棱镜材料的折射率  $n$

$$n = \frac{\sin[(A + \theta_m)/2]}{\sin(A/2)}$$

式中  $A$  为三棱镜的顶角， $\theta_m$  为光线通过该三棱镜后的最小偏向角。折射率  $n$  与光的波长  $\lambda$  有关，因而  $\theta_m$  也与入射光的波长  $\lambda$  有关。

试讨论是否可以用该原理测量盛在用三片表面平行的光学平板玻璃围成三棱镜状容器内液体的折射率  $n'$  为什么？测定被测液体对单色光的折射率  $n'$ 。

## [实验器材]

- 1、由厚薄均匀的玻璃片构成的三棱镜状容器（内盛被测液体）1 只；
- 2、分光计 1 台，节能灯 1 只和单面镀膜的小平面镜 1 只。

说明：节能灯光谱与纯汞灯光谱两者之间是有区别的。节能灯光谱除了有汞灯所具有的蓝色谱线、绿色谱线以及黄色谱线外，还有红色谱线，在这些谱线边上还存在较宽的背景光谱带。节能灯中蓝、绿、黄光谱线的波长与汞灯相应的光谱线的波长是一致的，因此可以将节

能灯光谱中相对较亮的蓝、绿、黄、红光谱线作为相应单色光的认定依据。

### [实验要求]

1、试分析题目中折射率  $n$  的测量公式是否适用于测量本实验玻璃容器中液体的折射率  $n'$ ？玻璃容器壁的折射率和厚度对测量结果是否有影响？为什么？

2、调整分光计和被测棱镜。

调整分光计的望远镜时首先调整什么？如何调整分光计的望远镜聚焦到无穷远，并使望远镜光轴与仪器转轴垂直？如何调整分光计的平行光管出平行光，并使平行光管光轴与仪器转轴垂直？为便于调节三棱镜的主截面与分光计的主轴相垂直，三棱镜相对载物平台的三只调节螺钉该如何放置和调节？用图表示。

3、用自准直法测出液体三棱镜顶角  $A$ 。

写出被测液体三棱镜顶角的测量原理，用光路图表示，并写出计算公式，设计数据记录表格，用分光计测出液体三棱镜顶角  $A$  的平均值。

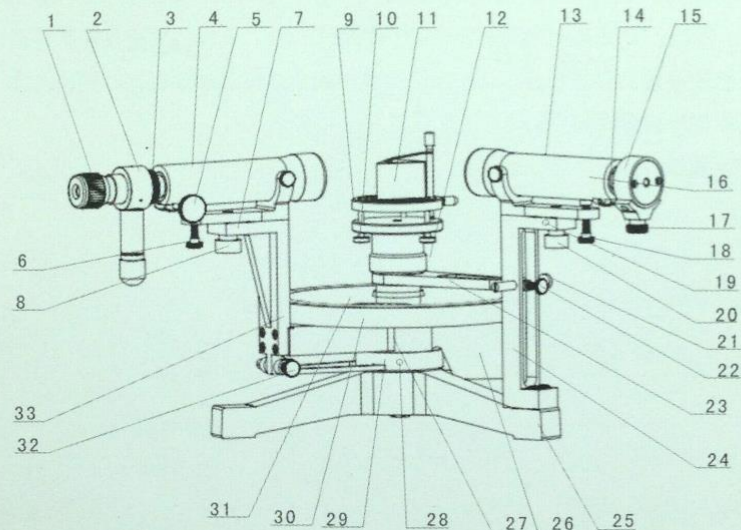
4、测量绿光（546.1nm）的最小偏向角  $\theta_{gm}$ 。

画出测量的光路图，列表记录三棱镜状被测液体对节能灯光源中绿色光（546.1nm）的偏向角  $\theta_g$  随入射角  $i$  的变化数据，利用实验数据画出  $\theta_g - i$  曲线，并从曲线上得出液体对绿光的最小偏向角  $\theta_{gm}$ 。

5、测量蓝光（435.8nm）的最小偏向角  $\theta_{bm}$ 。

6、计算被测液体对绿光和蓝光两种单色光的折射率  $n_g$  与  $n_b$ （有效数字保留四位），并分析测量结果的误差来源。

JJY1' -III型分光计外形如图一所示。



图一

- |                 |                  |                   |             |
|-----------------|------------------|-------------------|-------------|
| 1、目镜视度调节手轮      | 2、阿贝式自准直目镜       | 3、目镜锁紧螺钉          | 4、望远镜       |
| 5、望远镜调焦手轮       | 6、望远镜光轴高低调节螺钉    | 7、望远镜光轴水平调节螺钉（背面） |             |
| 8、望远镜光轴水平锁紧螺钉   | 9、载物台            | 10、载物台调平螺钉（3只）    |             |
| 11、三棱镜          | 12、载物台锁紧螺钉（背面）   | 13 平行光管           | 14、狭缝装置锁紧螺钉 |
| 15、狭缝装置         | 16、平行光管调焦手轮（背面）  | 17、狭缝宽度调节手轮       |             |
| 18、平行光管光轴高低调节螺钉 | 19、平行光管光轴水平调节螺钉  | 20、平行光管光轴水平锁紧螺钉   |             |
| 21、游标盘微动螺钉      | 22、游标盘止动螺钉       | 23、制动架（二）         | 24、立柱       |
| 26、转座           | 27、转座与度盘止动螺钉（背面） | 28、制动架（一）与底座止动螺钉  | 29、制动架（一）   |
| 30、度盘           | 31、游标盘           | 32、望远镜微调螺钉        | 33、支臂       |

# 第三十一届全国中学生物理竞赛 决赛实验试题

(电 学)

## [实验题目]

利用“组装电源元件盒”中的电子元件，设计一个能最大效率地将交流电压转变为直流电压的整流滤波电路，对设计的电路进行连接组装，使其成为一个直流电源。用电流表测量该电源的特征参数——开路电压、最大输出功率及电源内阻，研究该电源输出的交流电压与直流电压的比值随负载电阻变化的关系。然后用该直流电源及标准电阻箱，采用电桥法精确测定“待测电阻”盒中三个未知电阻的阻值。

## [实验器材]

- 1、组装电源元件盒 1 只（内有交流电源、二极管、电解电容、电阻等供选用）；
- 2、数字式电流表 1 只（仅电流档可用）；
- 3、标准电阻箱 1 只（准确度等级为 0.1 级）；
- 4、待测电阻盒 1 只（内含  $R_1$ 、 $R_2$  及  $R_x$  三个待测电阻）；
- 5、连接导线若干。

## [实验要求]

1、用提供的实验器材设计一个桥式整流加  $\pi$  型滤波的电源电路，使其能将 12V 交流电压变为直流电压，画出设计电路图；用导线连接组装该电路为直流电源，测量所给的数字电流表的内阻，并用该电流表研究组装电源的输出电压随负载的变化状况。测量当负载电阻  $R_L$  在  $[50\ \Omega - 1000\ \Omega]$  范围内变化时该电源输出的交流、直流电流，列表记录测试数据并计算不同负载时该电源的纹波系数  $K_u$  值。

(注：此处定义纹波系数  $K_u = \text{交流电压有效值} / \text{直流电压值} \times 100\%$ )

2、利用实验数据画出纹波系数  $K_u$  值随负载  $R_L$  的变化曲线，说明该电源在什么负载条件下可以达到  $K_u \leq 1\%$ 。

3、利用实验数据确定，负载电阻  $R_L$  为何值时电源的输出功率达到最大，测量此时电源的等效内阻  $r$  和  $K_u$  值。

4、用上述组装的直流电源、标准电阻箱、电流表及待测电阻盒上的三个未知电阻，采用直流电桥法精确测量三个电阻的阻值。说明测量原理、画出电路图和写出计算公式，自行列表记录测量数据，测出待测电阻的阻值，并分析电阻测量的误差。

## [仪器说明]

1、电源元件盒后侧面已有市电接入，电源开关标有 I/O 符号，I 端按下电源打开，O 端按下电源关闭。打开电源，元件盒内的交流变压器供电，面板上标有交流 12V 的电压端就会有输出，输出指示灯会点亮。若操作不当引起该输出两端短路，交流电源会损坏，指示灯熄灭。元件盒中其他元件都用符号标注，电解电容的正端用矩形、负端用短线标注。

2、组装电源的输出电压、等效内阻及纹波系数都将随负载的变化而改变，是本实验需要研究的问题。

3、数字式万用表是自动量程表，只需选择测试功能与测量范围，不用选择量程，本万用表只有电流档插孔可用，其他功能（插孔）不能使用，该电流表是由数字电压表头改装而成，它有一定的输入内阻，万用表上的[sel]按键可以切换直流/交流测量功能，其它功能按键不需使用。

4、标准电阻箱是六旋钮电阻箱，电阻调整范围为  $0 - 99999.9 \Omega$ ，准确度等级为 0.1 级。

5、“待测电阻”盒，内有  $R_1$ 、 $R_2$  及  $R_x$  三个电阻，电阻阻值未知，要求通过实验方法精确地测出各电阻的阻值。