

# 南昌大学物理实验报告

课程名称: 普通物理实验 (3)

实验名称: 空气折射率的测量

学院: 理学院 专业班级: 物理学 151 班

学生姓名: 黄泽豪 学号: 5502115014

实验地点: B507 座位号: 14

实验时间: 第三周星期四上午九点四十五开始

## 【实验目的】

1. 进一步了解光的干涉现象及其形成条件, 掌握迈克耳孙干涉光路的原理和调节方法。
2. 利用迈克耳孙干涉光路测量常温下空气的折射率。

## 【实验原理】

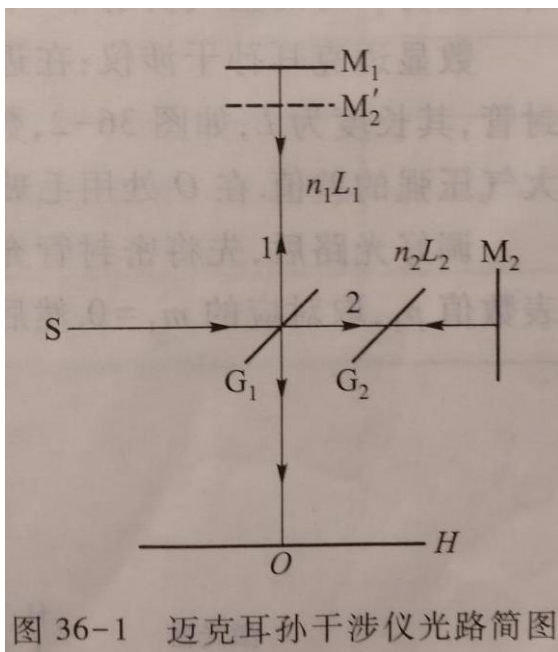


图 36-1 迈克耳孙干涉仪光路简图

由图 36-1 可知, 迈克耳孙干涉仪中, 当光束垂直入射至  $M_1$ 、 $M_2$  镜面时两光束的光程差  $\delta$  为

$$\delta = 2(n_1 L_1 - n_2 L_2) \quad (1)$$

式中,  $n_1$  和  $n_2$  分别是路程  $L_1$  和  $L_2$  上介质的折射率。

设单色光在真空中的波长为  $\lambda_0$ , 当

$$\delta = k\lambda_0 \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

时, 会产生相长干涉, 相应地在接收屏中心总光强极大。由式 (1) 可知, 两束相干光的光程差不单与几何路程有关, 而且与路程上介质的折射率有关。

当  $L_1$  支路上介质折射率改变  $\Delta n_1$  时, 因光程差的相应变化而引起的干涉条纹变化数为  $\Delta k = m$ , 由式 (1) 和式 (2) 可知

$$\Delta n_1 = \frac{m\lambda_0}{2L_1} \quad (3)$$

由式 (3) 可知: 如测出接收屏上某一处干涉条纹的变化数  $m$ , 就能测出光路中折射率的微小变化。

例如, 在温度处于  $15^\circ\text{C}$  时,  $p = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 空气对在真空中波长为  $633\text{nm}$  的光的折射率  $n = 1.00027652$ , 它与真空折射率之差为  $\Delta n = 2.7652 \times 10^{-4}$ 。用一般方法不易测出这个折射率差, 而用干涉法能很方便地测量, 且准确度高。

通常在温度处于  $15 \sim 30^\circ\text{C}$  范围时, 空气折射率可用下式求得:

$$(n-1)_{t,p} = \frac{2.8793p}{1+0.003671t} \times 10^{-9} \quad (4)$$

式中温度  $t$  的单位为  $^\circ\text{C}$ , 压强  $p$  的单位为  $\text{Pa}$ 。因此, 在一定温度下,  $(n-1)_{t,p}$  可以看成是压强  $p$  的线性函数。

当管内压强由大气压强  $p_0$  变到 0 时, 折射率由  $n$  变到 1, 若屏上某一点 (通常观察屏的中心) 条纹变化数为  $m$ , 则由式 (36-3) 可知:

$$n - 1 = \frac{m\lambda_0}{2L} \quad (5)$$

由式 (5) 可知, 从压强  $p$  变为真空时的条纹数  $m$  与压强  $p$  的关系也是一线性函数, 因而应有

$$\frac{m}{p} = \frac{m_1}{p_1} = \frac{m_2}{p_2} \quad (6)$$

由此得

$$m = \frac{m_2 - m_1}{p_2 - p_1} p \quad (7)$$

代入式 (5) 得

$$n - 1 = \frac{\lambda_0}{2L} \frac{m_2 - m_1}{p_2 - p_1} p \quad (8)$$

可见, 只要测出管内压强由  $p_1$  变到  $p_2$  时的条纹变化数  $m_2 - m_1$ , 即可由式 (8) 计算出压强为  $p$  时的空气折射率  $n$ , 管内压强不必从 0 开始。

数显迈克耳孙干涉仪: 在迈克耳孙干涉仪的一支光路中加入一个与打气球相连的密封管, 其长度为  $L$ , 如图 36-2, 数字仪表用来测管内气压, 它的读数为管内压强高于室内大气压强的差值。在  $O$  处用毛玻璃作接收屏, 在它上面可看到干涉条纹。

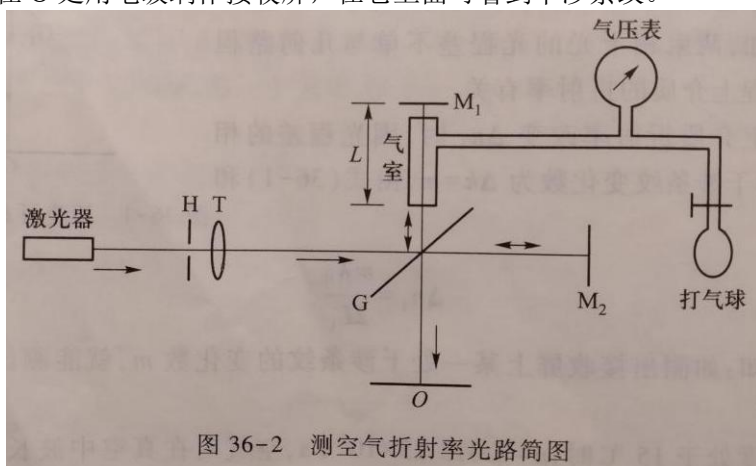


图 36-2 测空气折射率光路简图

调好光路后, 先将密封管充气, 使管内压强与大气压的差值大于  $0.09\text{MPa}$ , 读出数字仪表数值  $p_1$ , 取对应的  $m_1 = 0$ 。然后微调阀门慢慢放气, 此时在接收屏上会看到条纹移动, 当移动 60 个条纹时, 记一次数字仪表数值  $p_2$ 。然后再重复前面的步骤, 求出移动 60 个条纹所对应的管内压强的变化值  $p_2 - p_1$  的绝对平均值  $p_p$ , 并求出其标准偏差  $S_p$ , 代入 (8), 得出空气折射率为

$$n = 1 + \frac{\lambda_0}{2L} \frac{60}{p_p} p_0 \quad (9)$$

式中  $p_0$  为实验时的大气压强。

### 【实验仪器】

迈克耳孙干涉仪、气室组件、激光器、光阑。

**【实验内容及步骤】**

1. 转动粗动手轮, 将移动镜移动到标尺 100cm 处; 调节迈克耳孙干涉仪光路, 在投影屏上观察到干涉条纹。

2. 将气室组件放置在导轨上 (移动镜前方), 调节迈克耳孙干涉仪的光路, 在投影屏上观察到干涉条纹即可。注意: 由于气室的通光墙玻璃可能产生多次反射光点, 可用调动  $M_1$ 、 $M_2$  镜背后的三颗滚花螺钉来判断, 光点发生变化的即是。

3. 将气管 1 一端与气室组件相连, 另一端与数字仪表的出气孔相连; 气管 2 与数字仪表的进气孔相连。

4. 接通电源, 按电源开关, 电源指示灯亮, 液晶屏显示 “.000”。

5. 关闭气球上的阀门, 鼓气使气压值大于 0.09MPa, 读出数字仪表的数值  $p_2$ , 打开阀门, 慢慢放气, 当移动 60 个条纹时, 记下数字仪表的数值  $p_1$ 。

6. 重复前面 5 的步骤, 一共取 6 组数据, 求出移动 60 个条纹所对应的管内压强的变化值  $p_2 - p_1$  的 6 次平均值  $p_p$ , 并求出其标准偏差  $S_p$ 。

**【注意事项】**

激光属强光, 会灼伤眼睛, 注意不要让激光直接照射眼睛。

**【数据处理】**

室温  $t=15^\circ\text{C}$ ; 大气压  $p_0 = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;  $L = 95\text{mm}$ ;  $\lambda_0 = 633.0\text{nm}$ ;  $m = 60$ 。

	1	2	3	4	5	6
$p_1 / \text{MPa}$	0.106	0.097	0.101	0.095	0.095	0.1
$p_2 / \text{MPa}$	0.045	0.037	0.044	0.036	0.036	0.038
$(p_2 - p_1) / \text{MPa}$	0.061	0.06	0.057	0.059	0.059	0.062

平均值  $p_p (= \overline{p_2 - p_1}) = 0.05967\text{MPa}$

$S_p = 0.00175119\text{MPa}$

$$n = 1 + \frac{\lambda_0}{2L} \frac{60}{p_p} p_0 = 1.00034$$

**【误差分析】**

1. 放气的时间很难精准的控制, 实际变化的光程与移动 60 个条纹变化的光程差存在误差。

2. 温度可能存在微小的波动,  $p_0$  的取值可能不准确。

**【思考题】**

1. 实验中充气后, 在放气的同时可看到在屏上某一点处有条纹移过, 这表明在该点处的光强是怎样变化的?

答: 这一点的光强从 0 变为最大光强再变为 0。

2. 能否对其他气体物质进行测量?

答: 可以, 只需要向气室组件充入其他气体再进行测量即可。

**【实验结果分析与小结】**

这次实验锻炼了我的耐心。实验的第一步就是调节迈克尔孙干涉仪, 这需要调节入射光线, 使其垂直入射迈克尔孙干涉仪, 再调节螺钉让两束反射光线在屏上的光斑重合在同一点。调节时需要非常仔细, 要不然很容易就会出现调过头的情况。控制气室组件放气也是一门技术活。假如放气放的太快, 干涉条纹移动速度也快, 很难精准的计数, 但假如放气放的太慢耗费的时间又太长了。这都需要自己一点点摸索。

## 【原始数据】

	1	2	3	4	5	6
$P_1$	0.106	0.097	0.101	0.095	0.095	0.100
$P_2$	0.045	0.037	0.044	0.036	0.036	0.038
						结论 3.2