

空气折射率的测量

(空气压强对空气折射率的影响)

介质的折射率是表征介质光学特性的物理量之一，气体折射率与温度和压强有关，且不同气体在相同条件下的折射率也不相同。空气折射率对各种波长的光都非常接近于1，然而在很多科学研究领域中，仅把空气折射率近似为1远远满足不了科研的要求，所以研究空气折射率的精确测量方法是很必要的。本实验将用迈克尔逊干涉仪对空气折射率进行测定并研究空气压强对空气折射率的影响

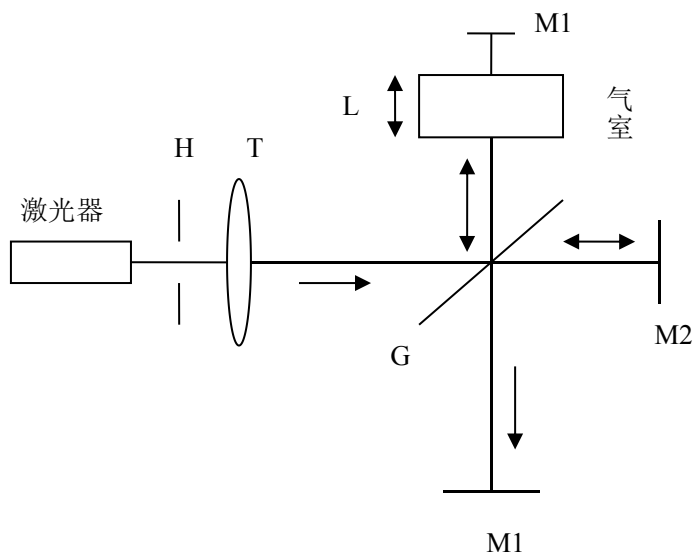
真空折射率为1，空气在760mmHg压力下，温度为0摄氏度时，折射率为1.000292。

实验采用迈克尔逊干涉仪、氦氖激光器、气室组件等。干涉仪相关技术指标见前文实验设备介绍部分

【实验原理】

现利用迈克尔逊干涉仪测量空气在不同压强下的折射率。

实验的光路图如下：由氦氖激光器发出的光（波长为6328埃）被分光板分为1、2两束。这两束光分别经M1、M2反射后回到分光板相遇，在光屏上接到两束光会叠加。另外，激光器发出的光有一部分经G1透射到G2，再经G2M1反射回光屏。另一部分经G1透射到G2，再经G2透射到M2。然后经M2反射，在屏上接收。故，在屏上会接受到四个亮点，其中，通过将最亮的两个点调重合，加上扩束镜，就可以在屏上观察到等倾干涉圆环。



H 小孔光阑 T 扩束镜 G 分束镜 M1, M2 反射镜

图1 测量空气折射率实验装置示意图

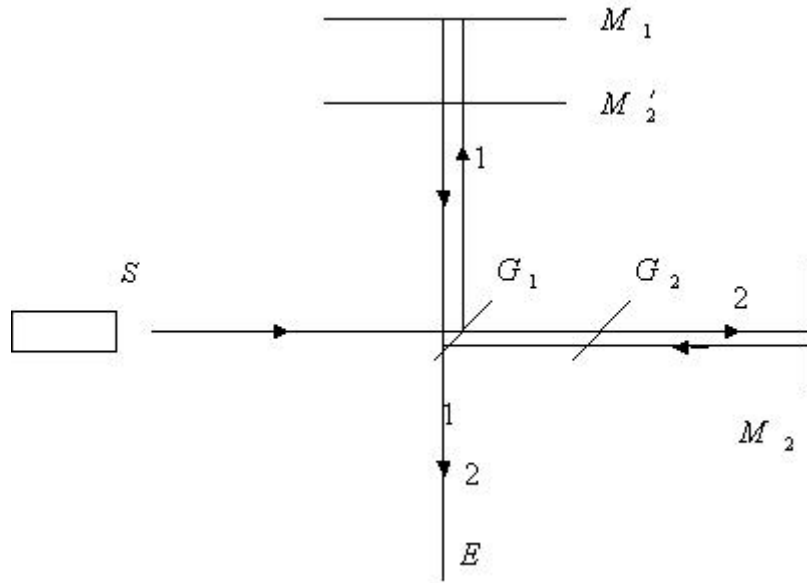


图2 干涉原理图

采取打气方法来增加气室内的粒子数量, 根据气体折射率的改变量与单位体积内粒子个数的改变量成正比的规律求出相当于标准状况下的空气折射率 n_0 。根据单位体积内的粒子数量与密度 ρ 成正比, $\Delta n = k \Delta \rho$ (其中 k 为比例系数)。设 ρ_0 为空气在标准状态下的密度, n_0 是在相应状态下的空气折射率; n 和 ρ 是对应任意温度和压强下的折射率和密度。又因为真空时的折射率为 1, 压强为 0, 所以标准状态下, 以及任意温度压强下的折射率和密度相对真空的方程如下:

$$n_0 - 1 = k(\rho_0 - 0) \quad (1)$$

$$n - 1 = k(\rho - 0) \quad (2)$$

由 (2)/(1) 有:
$$\frac{n-1}{n_0-1} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

根据 $PV = nRT$ (其中 n 气体摩尔数, $n = \frac{m}{M}$) 可得

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

故有:
$$\frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} = \rho$$

所以:
$$\frac{PM/RT}{P_0M/RT_0} = \frac{n-1}{n_0-1}$$

即:
$$\frac{PT_0}{P_0T} = \frac{n-1}{n_0-1}$$

若实验温度不变有,
$$\Delta n = \frac{n_0-1}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \Delta p \quad (3)$$

考虑到 $T=T_0(1+at)$ (a 为空气膨胀系数, 等于 $1/273=0.00367$ 。 t 为摄氏温度, 即为室温)

$$\text{代入(3)得 } \Delta n = \frac{n_0 - 1}{p_0} \frac{\Delta p}{(1 + at)} \quad (4)$$

$$\text{所以 } n_0 = 1 + p_0(1 + at) \frac{\Delta n}{\Delta p} \quad (5)$$

若空气压强改变 Δp , 相应折射率也改变了 Δn , 上述干涉光路将增加光程差 S , 这一光程差将会使干涉条纹变化 N 圈, 假使气室长度为 L , 则有:

$$S = \Delta n L = N \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{代入 5 式得 } n_0 = 1 + p_0(1 + at) \frac{\lambda}{2L} \cdot \frac{N}{\Delta p}$$

$$\text{所以在不同压强下空气的折射率 } n = 1 + p_0(1 + at) \frac{\lambda}{2L} \cdot \frac{N}{\Delta p}$$

【实验内容】

1. 按光路图安排好整个光路装置。暂不加入小气室及 L_1 、 L_2 , 开启氦氖激光器, 使激光束不经过扩束器直接照射到分光板中央, 调整两反光镜, 使它们反射回光屏中最亮的两个相重合。加入扩束器, 即可以在干涉仪的玻璃屏上出现同心圆干涉条纹。

2. 在 M_2 前放入小气室, 由于小气室端面玻璃厚度稍有不均匀, 会使条纹形状变得不规则。此时稍稍调整 M_2 下的微调螺丝, 使不规则的条纹落在毛玻璃屏的中央。

3. 观察压力超过一个大气压时气体折射率的变化, 将排气阀关闭, 进气阀打开。用手轻轻捏动打气皮囊, 使小气室中的压强缓缓上升, 可以看到同心圆条纹一条条地“涌出”或“陷入”, 记下最终的压力表的读数, 数出条纹“涌出”或“陷入”的圈数。

【数据处理】

原始数据

1. 室温 $t=?$, 气室长度数据=?
2. 压强及环数变化的记录表
3. 得出 $P-n$ 二维图

【误差分析】

【注意事项】

不可触及激光器两端的高压电极, 不要让激光射入眼内

注意气室内的压强不应该过大。

【思考题】

1. 如何根据等倾干涉条纹判断 M_1 与 M_2' 的平行度?
2. 非定域干涉形成的圆环状干涉条纹与等倾干涉所形成的圆环状干涉条纹有何不同? 如何区分? 它们与牛顿环在形状、干涉类型与干涉级次上有何异同?
3. 同一气室, 在不同温度下, 折射率有何变化?
4. 如何解释充气使气室内气体的压强变化时, 干涉条纹有些情况下从中心“涌出”, 而有些情况下从中心“缩进”的现象?