

空气折射率的测定

一般情况下,很少考虑到空气的折射率,实际上在标准状态下空气对可见光的折射率约为 1.000293 左右,它随气压、气温和空气成分变化,尤其湿度对于折射率的影响比较大。基于双缝干涉原理制成的瑞利 (Rayleigh)干涉仪,可以精确测定气体的折射率或其折射率随某些参量(如压力、温度、密度等)的变化。本实验利用分立光学元件在光学平台上搭制成各种干涉装置[如迈克尔逊(Michelson)干涉仪,夫琅禾费 (Fraunhofer)双缝干涉结构等]来测定空气的折射率。

【实验目的】

1. 掌握用干涉条纹计数测量空气折射率的原理和方法。
2. 学会用分立元件搭建用迈克尔逊干涉仪,进一步掌握分振幅法产生双光束干涉的原理,调出并观察非定域干涉圆条纹,并用该结构测量空气折射率;
3. 学会用分立元件搭建夫琅禾费双缝干涉装置,进一步掌握分波前法产生双光束干涉的原理,调出并观察非定域干涉条纹,并测定空气折射率
4. 测定在标准状态下的折射率 n_0

方法(一) 基于迈克尔逊干涉仪法

【仪器用具】

He-Ne 激光器($\lambda = 632.8\text{nm}$)或半导体激光器($\lambda = 650\text{nm}$)、小孔光阑、扩束镜、分束镜、反射镜(两块)、气室、打气皮囊、气压表、磁性表座、支杆、支座、光学平台等

【实验原理】

如图 1 所示,由激光器发出的光束经分束镜 BS 分成两束,各经平面反射镜 M_1 、 M_2 反射后又经 BS 重新会合于屏 S 处,在激光器后置小孔光阑 A 和扩束镜 BE,则在 S 处可见到非定域干涉同心圆环条纹,在一个光臂中插入一长度为 l 的气室(AC),重新调出非定域干涉条纹。

使气室的气压变化 Δp ,从而使气体折射率改变 Δn (此时光经气室的光程变化 $2l \cdot \Delta n$)引起干涉圆环“缩进”或“冒出” N 个,则有 $2l|\Delta n| = N\lambda$, 得

$$|\Delta n| = \frac{N\lambda}{2l} \quad (1)$$

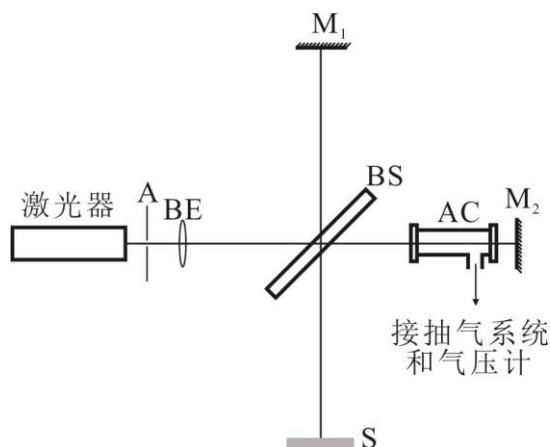


图 1

当温度一定，且气压不大时，气体折射率的变化量 Δn 与气压的变化量 Δp 成正比(证明见本实验附录)，即

$$\frac{n-1}{p} = \left| \frac{\Delta n}{\Delta p} \right| = \text{constant}$$

因此，

$$n = 1 + \left| \frac{\Delta n}{\Delta p} \right| p \quad (2)$$

将(1)式代入上式可得

$$n = 1 + \frac{N\lambda}{2l} \frac{p}{|\Delta p|} \quad (3)$$

实验中，若气压改变量为 Δp (可用气压表测量)，测定条纹变化数目 N ，利用(3)即可求出气压为 p 时的空气折射率 n 。

方法(二)夫琅禾费双缝干涉法

【仪器用具】

He-Ne 激光器、扩束镜、平行光管、双缝(缝宽 1mm，两缝中心间距 10mm)、双气室，打气皮囊、气压表、显微物镜、凸透镜、磁性表座，光学平台等；

【实验原理】

实验光路如图 2 所示，激光器 S 发出的光束经扩束透镜 BE 均匀照明单狭缝 A₁，A₁ 应位于准直物镜 O₁ 的焦平面上，由物镜 O₁ 出射的平行光束照明双缝 A₂，被 A₂ 分割成两束平行相干光束。这两束相干光在望远镜物 O₂ 的焦平面上形成一系列干涉条纹。

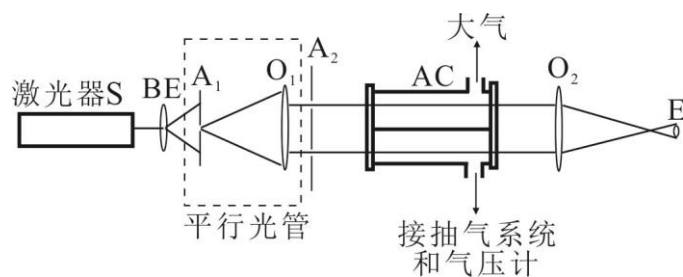


图 2

如果在双缝后的两光路中放入长度为 l' 的两气室，其中一个气室与大气相通，另一个气室接抽气系统，并使该气室的气压变化 Δp ，从而使气体折射率改变 Δn ，因而产生光程差 $l' \cdot \Delta n$ ，使干涉条纹相对原来位置移动。若移动的干涉条纹数目为 N ，则有 $l' \cdot \Delta n = N\lambda$ ，代入(2)式得

$$n = 1 + \frac{N\lambda}{l'} \frac{p}{|\Delta p|} \quad (4)$$

只要测出温度不变的情况下，压强变化 Δp 时所移动的条纹数 N ，即可求出温度为 T 时，压强为 p 的气体对波长为 λ 的光的折射率 n 。

【注意事项】

(1)实验时不要碰光学元件的光学面，并应防止气室和气压表摔坏。打气时不要超过气压表量程，超过量程会使表内游丝超过弹性限度，损坏气压表。

(2)不要用眼睛直视激光，防止眼睛受伤！

【思考题】

(1)调节实验装置使夫琅禾费双缝干涉条纹用显微镜可观察到。要调节哪些元件，怎样调节才能使干涉条纹可见度高且可分辨开？

(2)如果干涉条纹太密不能分辨时，该采取哪些措施来补救？

【附录】

气体折射率与压强的关系

设某气体的密度为 ρ ，折射率为 n ，根据 Lorentz-Lorenz(洛伦兹-洛伦茨)公式有

$$\frac{1}{\rho} \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{1}{\rho} \frac{(n-1)(n+1)}{n^2 + 2} = c \quad (5)$$

因气体的折射率 n 近似地等于 1，故上式可写为

$$n - 1 = c' \cdot \rho \quad (6)$$

式中， c ， c' 均为常数，与气体的性质有关，而与气体的状态无关。

当气体的密度改变 $\Delta\rho$ 时，折射率相对应改变 Δn ，有

$$c' = \frac{\Delta n}{\Delta\rho}$$

代入(6)式得

$$n-1 = \frac{\Delta n}{\Delta\rho} \cdot \rho \quad (7)$$

气体的密度 ρ 与其压强 p 、体积 V 、温度 T 的关系遵从气体状态方程

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \quad (8)$$

式中， m 为气体质量， μ 为气体的摩尔质量， R 为普适气体常数，故

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\mu p}{RT} \quad (9)$$

实验时，把气体装到干涉仪的气室(体积为 V)中，保持温度 T 不变，用抽气机抽去一部分气体，使气室的密度由 ρ 变为 $\rho-\Delta\rho$ ，相应地压强由 p 变为 $p-\Delta p$ ，则

$$\frac{\rho}{\Delta\rho} = \frac{p}{\Delta p} \quad (10)$$

代入(7)式，得

$$n-1 = \frac{\Delta n}{\Delta p} \cdot p \quad (11)$$